

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В. И. КОЧУРКО, В. Н. ЗУЕВ, С. К. РЫНДЕВИЧ

**РАЦИОНАЛЬНОЕ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Учебно-методическое пособие
для студентов высших учебных заведений**

**Рекомендовано к печати научно-методическим
советом университета**

**Барановичи
РПО БарГУ
2010**

УДК 502.3:330.15(075)

ББК 20.1я73

К55

А в т о р ы:

В. И. Кочурко, В. Н. Зуев, С. К. Рындевич

Р е ц е н з е н т ы:

Г. А. Жолик, доктор сельскохозяйственных наук, профессор учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»;

Н. В. Михальчук, кандидат биологических наук, доцент, директор Полесского аграрно-экономического института Национальной академии наук Беларуси

Кочурко, В. И.

К55

Рациональное природопользование и природоохранные технологии на производстве [Текст] : учеб.-метод. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. И. Кочурко, В. Н. Зуев, С. К. Рындевич. — Барановичи : РИО БарГУ, 2010. — 237, [3] с. — 190 экз. — ISBN 978-985-498-282-3.

Рассмотрены вопросы охраны природы в различных отраслях народного хозяйства. Основное внимание уделено воздействию промышленного и сельскохозяйственного производства на окружающую природную среду, применению современных природоохранных технологий.

Предназначено для студентов специальностей инженерного, экономического, сельскохозяйственного, педагогического профилей, учащихся ссузов, слушателей факультетов повышения квалификации и переподготовки кадров.

Табл. 18. Рис. 22. Прил. 2.

УДК 502.3:330.15(075)

ББК 20.1я73

© БарГУ, 2010

ISBN 978-985-498-282-3

© Кочурко В.И., Зуев В.Н., Рындевич С.К., 2010

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	5
Глава 1. Рациональное использование и охрана природных ресурсов как основа экологической безопасности	6
1.1 Воздействие промышленности и сельского хозяйства на биосферу	6
1.2 Природные ресурсы и их классификация	31
1.3 Рациональное природопользование и охрана природы	34
1.4 Основные методы переработки и использования отходов производства и потребления	45
1.5 Механизмы регулирования природопользования	50
1.6 Нормирование качества окружающей среды	61
1.7 Кадастры природных ресурсов	68
1.8 Рациональное использование и охрана ресурсов	78
1.9 Природоохранное законодательство Республики Беларусь ...	91
1.9.1 Основные положения законодательной базы в сфере охраны природы	91
1.9.2 Ответственность за нарушение природоохранного законодательства	97
Глава 2. Природоохранные технологии на промышленном предприятии	104
2.1 Технологии защиты атмосферного воздуха от загрязнения ...	104
2.1.1 Методы очистки выбросов промышленных предприятий от твердых и жидких частиц	104
2.1.2 Методы очистки выбросов промышленных предприятий от газообразных выбросов	113
2.1.3 Особенности очистки от отдельных загрязнителей ...	120
2.1.4 Рассеивание выбросов промышленных предприятий в атмосфере	128
2.1.5 Санитарно-защитные зоны	131
2.2 Технологии защиты водных ресурсов от загрязнения	136
Глава 3. Природоохранные технологии в сельском хозяйстве	156
3.1 Пути защиты земельных ресурсов от деградации	156
3.2 Особенности территориального размещения животноводческих и других сельскохозяйственных объектов	176
3.3 Утилизация отходов животноводства	178

Глава 4. Энергосбережение и возобновляемые источники энергии	188
4.1 Понятие возобновляемых источников энергии. Краткая характеристика возобновляемых источников энергии.	188
4.2 Вторичные энергетические ресурсы, их классификация.	195
4.3 Использование местных видов топлива.	197
4.4 Возможности энергосбережения в бытовых условиях.	200
4.5 Правовое регулирование в сфере энергосбережения	209
Глоссарий	212
Приложение А. Перечень нормативных правовых актов по вопросам охраны природы, природопользования и энергосбережения	224
Приложение Б. Нормативы ПДК вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека	224
Список источников.	234

ВВЕДЕНИЕ

В различных отраслях хозяйства Республики Беларусь, где возникает непосредственный контакт человека с природными объектами, от выбора решений и действий непосредственных участников производства зависит многое в обеспечении сохранности окружающей природной среды. Процесс подготовки специалистов, которые будут работать в изменяющейся под воздействием антропогенной деятельности окружающей природной среде, должен обеспечивать выработку понимания глубоких взаимосвязей природы и общества, осознание последствий недобдуманных действий по отношению к природе.

В пособии рассматриваются вопросы охраны природы в различных отраслях народного хозяйства. Основное внимание уделено воздействию машиностроительного и сельскохозяйственного производства на окружающую природную среду, применению современных природоохранных технологий.

В качестве механизмов регулирования природопользования в пособии как комплексные мероприятия рассматриваются экологический мониторинг, экспертиза, аудит и сертификация.

Отдельный раздел посвящен природоохранному законодательству, ответственности за его нарушение.

Актуальным в процессах промышленного и сельскохозяйственного производства является энергосбережение. Авторами пособия рассматриваются возобновляемые источники энергии, предлагаются механизмы их использования.

По каждому разделу студентам предлагаются контрольные вопросы для самопроверки. Для терминологической подготовки авторы приводят глоссарий.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальностей инженерного, экономического, сельскохозяйственного, педагогического профилей, учащихся сузов, слушателей системы повышения квалификации и переподготовки кадров.

Г л а в а 1
**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
И ОХРАНА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

**1.1 Воздействие промышленности
и сельского хозяйства на биосферу**

Негативное воздействие промышленности (включая энергетику) на природу заключается в трансформации природных ландшафтов и загрязнении окружающей среды.

Трансформация природных ландшафтов является серьезной проблемой, нарушающей стабильность как отдельных природных комплексов, так и всей биосферы. Этот процесс проявляется в:

- уничтожении естественных экосистем в результате техногенного преобразования ландшафта;
- трансформации природных экосистем под воздействием промышленных производств;
- нарушении рельефа и почвенного покрова.

Наибольший ущерб природе в этом направлении наносят горнодобывающие предприятия, ведущие работы открытым способом, занимая при этом большую часть угодий под карьеры, глубина которых может достигать 400—500 м. Значительное количество породы после выборки руды или других ископаемых идет в отвалы, изменяя рельеф, негативно влияя на уровень залегания грунтовых вод, почвенный покров, растительный и животный мир и даже климат.

В результате добычи полезных ископаемых происходят коренные изменения ландшафта, абиотических и биотических процессов, возникает новый техногенный рельеф, что зачастую способствует сдвигу геологических пластов, вызывая локальные землетрясения, провалы земли, изменения русел рек, снижение уровня грунтовых вод и пр. Геологические изменения отрицательно сказываются на естественной среде, вызывая перестройку структуры сообществ организмов, способствуя резкому снижению биоразнообразия региона. Интенсивная деятельность по добыче полезных ископаемых может привести к снижению продуктивности близлежащих сельско-

хозяйственных и лесных угодий, а иногда и к гибели лесных и водных экосистем. Подобная ситуация наблюдается в районах добычи полезных ископаемых в Андах, на Урале, в Южной Африке и других регионах Земли. В нашей стране вызывает опасения состояние природных комплексов в районе Солигорска, где уже зафиксирована негативная тенденция обеднения флоры в результате добычи калийной соли.

Трансформация ландшафта — неотъемлемая составляющая строительства и работы гидроэлектростанций (ГЭС), включающая в себя изменения русел рек, строительство водохранилищ, плотин для регулировки стока воды, вызывая таким образом затопление большого количества наземных экосистем. Изменение гидрологического режима реки негативно сказывается на речной фауне и флоре — зачастую выше по течению от плотин уничтожаются места нереста рыб, при отсутствии обходных каналов плотина является непреодолимым препятствием для идущих на нерест рыб. Все это снижает продуктивность рыбных запасов региона. Подобные проблемы касаются строительства и эксплуатации гидроэлектростанций не только на крупных, но и на малых реках.

Среди всех видов хозяйственной деятельности промышленность в наибольшей степени загрязняет окружающую среду. Главными источниками промышленного загрязнения являются предприятия:

- теплоэнергетики;
- тяжелой промышленности, в основном металлургические производства;
- химической промышленности;
- нефтеперерабатывающей промышленности;
- добывающей промышленности, в основном горнодобывающей и нефтедобывающей.

Группировка отраслей промышленности по степени воздействия на окружающую среду отражена в таблице 1.1 [21].

Важность рассмотрения загрязнения природной среды промышленными предприятиями связана с тем, что, согласно исследованиям Ю. П. Лисицкого, оно увеличивает риски заболеваний: пневмонии — на 43, астмы — 40, раковых — 19, сердечно-сосудистых — 17, сосудистых поражений мозга — 13, ишемической болезни сердца — 12, цирроза печени — 9, сахарного диабета — 2% [70].

Т а б л и ц а 1.1 — Воздействие отраслей промышленности на окружающую среду

Группа		
I (комплексное воздействие на окружающую среду — загрязнение воздуха, воды, почв, шумовое воздействие и пр.)	II (загрязнение преимущественно воздуха)	III (загрязнение преимущественно воды)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные отрасли химической промышленности, включая химию органического синтеза. 2. Тепловые электростанции. 3. Целлюлозная промышленность. 4. Сахарная, крахмалопаточная промышленность. 5. Машиностроение 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литейное производство. 2. Производство калийной и поваренной соли. 3. Резиновая и асбестовая промышленность 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нефте- и газоперерабатывающая промышленность. 2. Лесохимия. 3. Производство бумаги, картона, клея. 4. Производство фанеры, древесных плит. 5. Молочная промышленность. 6. Производства, связанные с процессами брожения и изготовления напитков. 7. Мясная промышленность. 8. Отделочные текстильные производства

К основным веществам-загрязнителям промышленного происхождения относятся:

- оксиды углерода как продукты сжигания углеродного топлива;
- оксиды азота и серы в составе выбросов предприятий химической промышленности и теплоэнергетики;
- соединения тяжелых металлов (ртути, кадмия, мышьяка, хрома, кобальта, свинца и др.) в составе выбросов предприятий энергетики, тяжелой, химической промышленности;
- радиоактивные вещества в составе выбросов предприятий теплоэнергетики, атомной, тяжелой и химической промышленности;
- нефтепродукты в составе выбросов предприятий теплоэнергетики, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности;
- синтетические моющие средства;
- твердые синтетические полимерные материалы (пластмассы) как отходы химической промышленности;
- фтористые и хлористые соединения в выбросах предприятий химической промышленности;
- промышленная пыль;
- сажа.

Для многих загрязнителей характерен трансграничный перенос: в Брестской области, в силу географического положения, доля трансграничного оксида серы составляет 84—86, оксида азота — 89—94, аммиака — 38—65, свинца — более 80%. В их поступлениях основной вклад принадлежит странам-соседям: Польше, Чехии, Германии [51].

В числе основных источников загрязнения атмосферы в Беларуси выступают предприятия энергетики (до 40% в структуре выбросов) [53]. Производство электрической и тепловой энергии, основанное на сжигании различных видов углеводородного топлива (нефти, газа, угля и т. д.), сопряжено с выбросами таких серьезных загрязнителей, как оксиды углерода, азота и серы.

На долю теплоэнергетики приходится около 75% выбрасываемого диоксида серы, около 50% оксидов азота [39]. Выброс в атмосферу CO_2 в результате сжигания на предприятиях углеродного топлива способствует образованию парникового эффекта. Например, на теплоэлектростанции мощностью 1 000 МВт при сжигании мазута за год образуется 11 700 т оксида азота, а при использовании в качестве топлива угля — 20 880 т [70]. При сжигании на теплоэлектростанции 5 000 т угля в атмосферу выбрасывается до 5 т золы и более 3 т диоксида серы, из которого при определенных условиях в атмосфере может образоваться до 5 т серной кислоты.

Выбросы теплоэнергетических установок, работающих на твердом топливе, дают наибольший выброс тяжелых металлов. Летучая зола из дымовых выбросов теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) может содержать кадмий, медь, никель, свинец, олово, цинк, ртуть и некоторые другие элементы; состав выбросов варьируется в зависимости от качества используемого сырья. Выбросы ТЭЦ, работающих на мазуте, отличаются очень высоким содержанием ванадия (13 кг / т) и никеля (6 кг / т) [21].

Сжигание твердого топлива сопровождается повышением радиационного фона, так как при сгорании, например, каменного угля в атмосферу выбрасываются радиоактивные вещества, которые затем попадают в водные и наземные экосистемы. Потенциальную угрозу окружающей среде представляют атомные электростанции (АЭС), на которых даже при исключении утечки радиоактивных веществ сохраняется проблема хранения и утилизации радиоактивных отходов.

С работой ТЭЦ связано и тепловое загрязнение окружающей среды. Особенно страдают от него водные экосистемы: круглогодичный сброс нагретой воды ведет к нарушению теплового баланса водного объекта, изменению видовой структуры биоценоза, нарушению экосистемных процессов. Примером такого негативного изменения является озеро Белое в Брестской области, которое, по сути, превращено в водоем-отстойник, куда сбрасываются воды с Березовской ГРЭС. Озеро по своим гидрологическим показателям приближается к тропическим водоемам, что не может не сказаться на состоянии живой составляющей экосистемы.

Большое количество вредных веществ выбрасывается в атмосферу предприятиями металлургии. При работе доменной печи выделяются оксиды углерода, азота и серы, соединения свинца, сурьмы, мышьяка, фосфора, пары ртути, цианистый водород и различные смолы. Высокое содержание в воздухе оксидов серы и азота является причиной выпадения кислотных дождей, приводящих к серьезным нарушениям экологической обстановки в биосфере, особенно страдают от них лесные и водные экосистемы: при выплавке 1 т чугуна в воздух выбрасывается около 3 кг сернистого газа, 0,1—0,6 кг марганца; при агломерационных процессах в воздух попадает пыль, сернистый газ и оксиды углерода; в результате переработки сульфидных руд, содержащих до 10% серы, в атмосферу может выбрасываться до 190 кг сернистого газа на 1 т переработанной руды. В выбрасываемой пыли содержатся соединения железа, марганца, кальция, магния, алюминия, титана, ванадия и др. Предприятия цветной металлургии также являются источниками твердых частиц, сернистого ангидрида и соединений мышьяка и других металлов. При использовании несовершенных технологий для получения 1 т алюминия расходуется от 38 до 47 кг фтора, а в атмосферу, в зависимости от мощности электролиза, выбрасывается его значительное количество (до 65%).

Являясь водоемкими, предприятия металлургии потребляют огромное количество воды, возвращая ее в природу не всегда в чистом виде. Отработанная вода металлургических производств содержит соединения тяжелых металлов, радиоактивные вещества, целый ряд токсичных соединений (никеля, меди, мышьяка, фтора, цианиды), вызывающих не только гибель животных, растений и других организмов, но и создающих реальную угрозу здоровью человека.

По своему составу газообразные выбросы литейных и машиностроительных цехов схожи с металлургическими предприятиями, а гальванических и окрасочных — химическими заводами [11].

На первый взгляд машиностроение является одной из отраслей промышленности, наименее загрязняющих водоемы сточными водами. Однако в процессе изготовления машин и оборудования потребляется значительное количество воды и, кроме того, вода участвует в различных вспомогательных операциях, к которым следует отнести отмывку, обезжиривание, травление, нанесение гальванических и лакокрасочных покрытий, охлаждение с помощью эмульсий, смазку при прокатке и прессовании т. д.

Промышленные стоки, сбрасываемые предприятиями, характеризуются высоким содержанием поверхностно-активных веществ, фосфатов, углеводов, тяжелых металлов. Особенно опасны стоки гальванических производств, в которых могут содержаться в соединениях ртути, кадмия, хрома, меди, цинка, в концентрациях, в сотни и тысячи раз выше фонового.

Предприятия химической промышленности выступают в роли поставщиков в окружающую среду оксидов углерода, азота и серы, сернистого ангидрида, аммиака, сероводорода, сероуглерода, соединений тяжелых металлов, синтетических органических веществ (хлорированные алифатические углеводороды, ацетон, смолы и т. д.), промышленной пыли. Влияние химической промышленности на окружающую среду отличается не только значительными масштабами загрязнения, в том числе и токсичными веществами, в процессе производства образуются новые синтетические вещества, не участвующие в круговороте веществ в биосфере.

В результате выбросов продуктов сгорания пластификаторов и других пластмасс образуются стойкие токсичные кислоты. Вредные вещества выбрасываются в атмосферу при производстве серной и фосфорной кислот, суперфосфата, аммофоса и др. Например, при производстве фосфорной кислоты в газовую фазу переходит 60% фтора (фтор выделяется и при производстве суперфосфата). Соединения фтора являются сильным ядом для всего живого и особенно для растений. В отличие от сернистого газа фтор обладает кумулятивным действием, т. е. способен накапливаться в организме в течение длительного времени [29].

В результате нарушений технологии и экологических требований предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности также могут наносить значительный вред природе: при производстве искусственного каучука в окружающую среду попадает ацетон, стирол, дивинил, толуол, изопрен и другие далеко не безопасные вещества. Серьезной проблемой остается утечка с подобных производств в прилегающие экосистемы нефтепродуктов. Суммарный результат выбросов на нефтепромыслах, переработке и транспортировке дает в год 1 т нефтепродуктов на каждые 100 м² поверхности вод.

Многие производства, использующие в качестве сырья хлорорганические соединения, являются источником полихлорированного дибензодиоксина (диоксина) — опасного загрязнителя окружающей среды, являющегося продуктом термической (при 150—400°С) трансформации хлорорганических соединений на химических производствах и при сжигании мусора [31]. Заметный вклад в диоксиновый фон вносит целлюлозно-бумажное производство. В ходе использования хлора в процессе отбеливания бумаги возможно образование хлорированных фенолов — предшественников диоксинов. Бумага, упаковка и изделия из нее (салфетки, детские пеленки, носовые платки) являются еще одним источником диоксинов в быту, хотя и на чрезвычайно низком уровне их содержания ($\sim 10^{-12}$ г / кг). Сейчас появились новые технологии изготовления бумаги без использования хлора. На изделиях из такой бумаги делается соответствующая пометка: “chlorine free” [74].

Диоксин в организме человека накапливается преимущественно в печени и жировой ткани и его негативное действие проявляется в поражении кожи, нарушении деятельности печени, неврологических и психических нарушениях. Летальная концентрация этого вещества ЛД₅₀ составляет для человека 20—300 мкг / кг веса [7].

Кроме того значительное количество вредных веществ поступает в результате производства целлюлозы, уксусной кислоты, этилацетата, бутилацетата и др. Например, при производстве 1 т целлюлозы в окружающую среду попадает до 19,6 кг серы и 38 кг щелочи [29]. Половина используемой древесины переходит в воду в виде биологически трудно разлагаемых соединений лигнина и гемицеллюлозы [31].

В России печально известный Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат до недавнего времени (до принятия решения об исполь-

зовании на нем замкнутых циклов использования воды) ежедневно сбрасывал в воды Байкала около 30 т серной и 60 т соляной кислоты, что приводило к гибели ракообразных, рыб, байкальских нерп и других представителей уникальной фауны озера.

Разрушительное воздействие на природу оказывает добывающая промышленность, способствующая трансформации ландшафта, поставляющая в окружающую среду промышленную пыль с содержанием различных токсичных веществ, включая соединения марганца, мышьяка и др. Ежегодно в атмосферу в результате горных разработок поднимается более 200 000 т пыли. Мировая добыча угля сопровождается ежегодным выбросом 27 млрд м³ метана и 17 млрд м³ углекислого газа, что способствует развитию парникового эффекта на планете.

В Беларуси около 200 км² земной поверхности нарушено карьерами, отвалами, подъездными путями в результате добычи нерудных полезных ископаемых. Крупные карьеры вызывают эффект гидрогеологической депрессионной воронки, в результате чего понижается уровень подземных вод на территории, в 10—15 раз превышающей площадь открытых разработок [39]. Самым глубоким в Европе является карьер в Микашевичах (Брестская область Республики Беларусь) по добыче строительного камня. Он достиг глубины 100 м, в перспективе планируется добывать с глубины 200 м. Площадь разработки составляет 800 га.

Сильно загрязняют окружающую среду предприятия строительной индустрии (производство цемента, бетона, асбеста, стекла) и деревообрабатывающие комбинаты, промышленная пыль которых, состоящая из частиц цемента, асбеста, гипса, кварца и других вредных веществ, является основным загрязнителем. Пылевые частицы могут не только содержать вредные для организмов вещества, но при больших количествах вызывать нарушение процесса фотосинтеза у растений, процессов дыхания у животных и человека, повреждая слизистую оболочку дыхательных путей, провоцирует аллергические реакции.

Воздушная среда арматурных цехов загрязняется также и оксидами азота, углерода, фтороводорода.

Перед человечеством стоит проблема утилизации твердых промышленных отходов (пластмассы, металлические порошки, формовочный грунт, содержащий радиоактивные и токсичные вещества и т. п.).

Только в Беларуси промышленными отходами занято более 2 000 га земель. В Европе суммарная масса промышленных и бытовых отходов приближается к 15 млрд т. Динамика образования отходов в Республике Беларусь отражена в таблице 1.2 [69].

Т а б л и ц а 1.2 — Структура отходов в Республике Беларусь

Наименование отходов	Объем образования по годам, тыс. т			
	1995	2000	2003	2004
1. Отходы растительного и животного происхождения				
Отходы производства пищевых продуктов	Нет данных	371,0	513,2	657,3
Отходы производства вкусовых продуктов, за исключением лигнина и шлама гидролизного, отходы продуктов питания	Нет данных	373,7	568,7	699,7
Отходы древесные	282,8	456,0	745,9	835,0
Лигнин гидролизный, шлам гидролизный	175,0	274,2	23,6	123,8
Отходы производства бумаги и картона	Нет данных	12,9	12,6	14,2
В С Е Г О	622,7	1 563,0	2 050,0	2 614,0
2. Отходы неорганического минерального происхождения и отходы продуктов их переработки				
Печные обломки, металлургический и литейный щебень, металлургические шлаки, сьемы и пыль	Нет данных	213,7	357,5	421,3
Золы, шлаки и пыль от топочных установок и термической обработки отходов	Нет данных	24,6	22,3	22,1
Вскрышные породы	956,3	1 306,9	713,7	1 167,0
Земля формовочная горелая	Нет данных	73,2	59,1	75,3
Отходы формовочных смесей	Нет данных	50,9	113,3	130,6
Отходы формовочно-стержневых смесей, брак и бой стержней	Нет данных	3,3	5,7	3,4
Бетонные обломки, отходы бетона и железобетона	Нет данных	23,6	22,8	80,8
Фосфогипс	156,5	312,2	318,3	419,1
Известковые отходы, в том числе пыль	Нет данных	3,5	29,6	28,3
Отсев камней рядовой необогащенный	Нет данных	6,4	7,0	9,8
Минеральные шламы	Нет данных	96,7	59,1	55,2

Окончание табл. 1.2

Наименование отходов	Объем образования по годам, тыс. т			
	1995	2000	2003	2004
Железосодержащая пыль	Нет данных	25,7	18,0	23,2
Окалина	Нет данных	30,7	44,2	38,4
Металлические шламы	Нет данных	4,3	3,0	2,7
В С Е Г О	2 189,5	2 253,0	1 897,0	2 766,0
3. Отходы химических производств				
Гальванические шламы	10,2	11,5	14,1	11,3
Оксид кремния (кремнегель)	Нет данных	4,0	4,0	4,2
Галитовые отходы	13 969,9	16 640,7	19 828,1	21 445,2
Шламы галитовые глинисто-солевые	1 302,0	1 975,3	2 509,8	2 712,0
Отходы неорганических кислот	Нет данных	2,9	2,8	3,2
Отходы щелочей	5,2	7,7	0,1	1,4
Отработанные растворы	Нет данных	4,9	80,2	74,9
Щелочной сток производства капролактама	53,1	36,2	34,0	40,7
Отходы средств ухода за растениями и ядохимикатов	Нет данных	0,1	0,2	0
Отходы эмульсий и смесей нефтепродуктов	Нет данных	1,5	9,2	11,7
Отходы добычи нефти	Нет данных	7,8	4,0	3,1
Шламы, содержащие минеральные масла, остатки, содержащие нефтепродукты	Нет данных	17,4	7,3	14,1
Отходы лакокрасочных материалов	Нет данных	1,7	1,2	1,1
Отходы резиносодержащие, в том числе старые шины	8,5	8,6	19,0	16,9
Затвердевшие отходы пластмасс	Нет данных	7,8	13,6	11,2
Отходы химических волокон и нитей, текстильные отходы и шламы	Нет данных	14,7	22,0	21,7
Кубовые остатки	14,0	13,0	12,6	13,4
Медицинские отходы	Нет данных	0	2,0	1,0
Шламы (осадки) при обработке сточных вод	Нет данных	158,4	197,3	149,9
В С Е Г О	15 620,0	18 775,0	22 612,0	24 439,0
Всего отходов по республике	19 349,5	23 260	27 962	31 317

Позитивное воздействие промышленности проявляется только по отношению к отдельным видам живых организмов и заключается в увеличении численности ряда синантропных видов, приуроченных к предприятиям пищевой (крысы, врановые птицы, тараканы и др.), деревообрабатывающей (жуки-усачи, точильщики и др.), легкой (жуки-кожееды, моли и др.) промышленности. Однако положительного воздействия промышленности на отдельные экосистемы и биосферу в целом не существует.

Сельское хозяйство, являясь одним из основных видов хозяйственной деятельности человека, возникло еще в период неолита. Его история насчитывает не один десяток тысяч лет. На современном этапе негативное воздействие сельского хозяйства на окружающую природную среду достигло значительных масштабов и заключается в ее загрязнении и трансформации природных ландшафтов.

Трансформация природных ландшафтов осуществляется в нескольких направлениях:

- уничтожение естественных экосистем в результате вырубki лесов, распашки лугов, осушения болот под сельскохозяйственные угодья;
- создание антропогенных (искусственных) экосистем — агро-экосистем (экосистем полей, огородов, садов и т. д.);
- трансформация природных экосистем под воздействием выпаса скота, заготовки кормов и т. д.;
- нарушение почвенного покрова, водная и ветровая эрозия.

Разработка новых сельскохозяйственных угодий уже привела к серьезным последствиям в разных регионах Земли. В современном Китае лишь 5% территории занято лесами (изначально площадь лесов составляла около 90%). На Ближнем Востоке нерегулируемый выпас скота привел к деградации почвенного покрова, гибели лесов и опустыниванию [16].

Почва образуется очень медленно. Почвенный покров толщиной в 2 см природа создает в течение 300—1 000 лет, а для формирования почвы толщиной 25 см требуется до 10 тыс. лет. Кроме этого на состояние почвы влияют и различные антропогенные процессы (табл. 1.3).

Использование земли в сельском хозяйстве приводит к развитию процессов ее деградации.

Деградация земель — снижение или потеря биологической и экологической продуктивности богарных пахотных земель, мелиорированных пахотных земель или пастбищ, лесов и лесных участков

Т а б л и ц а 1.3 — Влияние антропогенных факторов на почвы [16]

Основные факторы	Важнейшие изменения почв
Ежегодная вспашка освоенных почв с оборачиванием пласта	Улучшение структуры, повышение плодородия, усиление взаимодействия с атмосферой, снос при ветровой и водной эрозии, изменение состава и численности почвенных организмов
Безотвальная вспашка освоенных почв	Улучшение взаимодействия с атмосферой, прекращение ветровой и уменьшение водной эрозии, уменьшение испарения
Распашка целины	Создание условий для выращивания культурных растений, резкое изменение направления почвообразовательного процесса, возникновение эрозии (иногда)
Выращивание растений	При посеве бобовых — обогащение почвы азотом
Снятие урожая культурных растений	Без удобрения — уменьшение ряда химических веществ и через ряд лет снижение плодородия
Сенокосшение и заготовка сена и силоса	Без удобрения — уменьшение некоторых химических веществ, усиление испарения влаги после скашивания
Выпас скота	Уплотнение почвы ногами животных, при перевыпасе — уничтожение скрепляющей почву растительности и возникновение эрозии, обеднение почвы, иссушение, удобрение навозом
Выжигание сенокосов и пастбищ	Гибель части почвенных организмов в поверхностном слое, усиление испарения
Орошение	Увлажнение, при неправильном поливе — заболачивание, отсутствии достаточного дренажа — засоление
Осушение	Необходимое снижение влажности, на торфяных почвах — возникновение ветровой эрозии
Истребление ядохимикатами вредителей и распространителей заболеваний, истребление сорных растений гербицидами	Гибель ряда видов почвенных организмов, изменение почвообразовательного процесса, накопление некоторых ядохимикатов (частично переходят в выращиваемые растения)
Создание промышленных и бытовых отвалов	Уничтожение почвы под отвалами, отравление почвенных организмов в прилежащих участках
Возведение зданий и других сооружений (аэродромы, водохранилища, дороги, склады и т. д.)	Уничтожение почв, изменение их в прилежащих участках средствами транспорта и отходами, коренное изменение почвообразовательного процесса под сооружениями
Наземный транспорт	При движении вне дорог — уплотнение почвы, загрязнение, в тундре — изменение термического режима и образование провалов вдоль колеи
Открытая добыча полезных ископаемых	Уничтожение почвы на месте котлована и под отвалами породы, резкое снижение уровня грунтовых вод и частичное иссушение почвы
Очистка стоков на полях орошения	Бытовые и некоторые промышленные стоки иногда повышают плодородие, промышленные стоки часто отравляют почвенные организмы, изменяют почвообразовательный процесс
Сброс отходов в атмосферу	При оседании и с осадками загрязняют почву, изменяют ее химизм, кислотность
Уничтожение лесов (вырубка, лесные пожары и др.)	Усиление ветровой эрозии и испарение воды из почвы, иногда — усиление водной эрозии

в результате землепользования или действий одного или нескольких процессов, в том числе связанных с деятельностью человека — и структурами расселения (ветровая и водная эрозия почв, ухудшение физических, химических и биологических или экономических свойств почв, долгосрочная потеря естественного растительного покрова) [78; 80].

Деградация земель проявляется в разнообразных формах:

- 1) водная и ветровая эрозии;
- 2) химическое, в том числе радионуклидное, загрязнение;
- 3) деградация торфяных почв в результате осушения болотных массивов, добычи торфа, торфяных пожаров;
- 4) негативная трансформация и ухудшение свойств почв при их сельскохозяйственной обработке (агротехнологическая эрозия почв);
- 5) деградация земель в результате производственных, технических и других видов хозяйственной деятельности человека.

Нерациональное земледелие ведет к снижению продуктивности и эрозии земель. По оценкам площадь деградированных земель на нашей планете составляет до 15% [78].

Все это послужило толчком для подписания рядом стран Конвенции ООН по проблемам земельных ресурсов (1994). В настоящее время 187 государств мира являются членами Конвенции. Республика Беларусь является полноправной стороной Конвенции с 27 ноября 2001 года.

В Конвенции изложены принципы деятельности государств по защите земель от деградации:

- устойчивость землепользования и форм хозяйствования на земле (любое изменение формы собственности на землю, вида права и формы хозяйствования на ней, цели и характера использования земельного участка, его границ и площади должны быть обоснованы);
- приоритет рационального использования земли (главным критерием выбора цели и характера использования конкретного земельного участка является не принадлежность к какой-либо категории или виду земель, а реальный полезный результат, который может быть получен исходя из местоположения, экологического состояния, природно-исторических, технологических и других свойств этого участка);
- комплексность развития территорий (необходимость учета перспектив развития всех элементов организации и устройства территории при принятии управленческих решений);

- согласованность частных и общественных интересов (процедура принятия управленческих решений в земельных вопросах должна быть публичной и в максимальной степени учитывать мнение отдельных граждан и общественности);
- развитие экономического и правового механизмов регулирования земельных отношений (постепенное снижение роли административно-государственного управления и повышение роли конкретного землепользователя, субъекта хозяйствования);
- согласованность экологических и экономических подходов (обязательность учета обоснованных экологических критериев и норм);
- взаимозависимость земельной и аграрной реформ (при первоочередном значении первой проведение их по отдельности неэффективно);
- создание системы стимулирующих механизмов рационального использования и осуществления мер по борьбе с деградацией земель для разных категорий землепользователей.

На данных принципах основывается и Национальная программа действий по борьбе с деградацией земель, являющаяся составной частью стратегии устойчивого развития Республики Беларусь [77].

В Северном Казахстане с 1960-х гг. почвы повсеместно утратили 20—30% гумуса. Причиной является прежде всего ирригационная эрозия (1,8 млн га) и перевыпас, сопровождаемый дефляционными процессами.

Процессы деградации земель получили развитие и на территории Беларуси. Для земельного фонда Беларуси характерна высокая степень хозяйственной освоенности: 44,3% территории Беларуси — сельскохозяйственные земли. На одного жителя страны приходится 0,92 га сельхозугодий (на планете этот показатель равен 0,3 га). Широкомасштабное вовлечение в сельхозоборот все новых и новых земель (болот, мелкоконтурных участков, выработанных карьеров, придорожных полос, склонов) привело к их деградации.

Эрозия — утрата плодородного слоя почвы в результате сдувания его ветром или смывания водой. Она может носить естественный и антропогенный характер. Естественная эрозия протекает медленно и не препятствует почвообразованию. Ускоренная эрозия обусловлена вмешательством деятельности человека, нарушающей сложившиеся в природе связи, в результате чего разрушение почвы значительно превышает темпы почвообразования наносит серьезный ущерб земельным ресурсам.

Выделяют водную и ветровую эрозию почв.

Водной эрозии земля подвергается во время дождей, ливней, таяния снегов, когда частицы почвы вместе с водой уносятся с поверхности земли, и образуются овраги. Водная эрозия может иметь капельный вид на плоских поверхностях, струйчатый, ручейковый, овражный — на склонах.

Ветровая эрозия (дефляция) — происходит под воздействием ветра, поднимающего и переносящего мельчайшие частицы почвы, делая ее менее плодородной, лишая самой богатой части — гумуса. Выветривание происходит постоянно, а в случаях сильных ветров и бурь потери бывают катастрофическими: обнажаются корни растений, частицы песка разрушают их листья, гибнет урожай.

Развитию эрозии способствуют как природные, так и антропогенные факторы.

К природным факторам относятся холмистый рельеф местности, выпадение значительного количества осадков и их ливневый характер, преобладание легких по гранулометрическому составу почв, особенно лессовидных суглинков и лессов, отсутствие растительности.

Развитию эрозии в значительной степени способствует деятельность человека — распашка обширных территорий, вырубка лесов под сельхозугодья, неправильная распашка склонов, перевыпас скота, добыча полезных ископаемых, заготовка древесины, прокладка транспортных и промышленных коммуникаций и др. Исходя из причин появления эрозийных процессов выделяют ирригационную, пастбищную, механическую, промышленную, лесозаготовительную эрозии.

Ирригационная эрозия — это результат разрушения почвенного покрова при орошении.

Ирригационная эрозия является результатом чрезмерного искусственного орошения, порождающего потоки стекающих оросительных вод.

Пастбищная эрозия возникает вследствие вытаптывания и разрушения растительного покрова сельскохозяйственными животными.

Механическая эрозия — результат разрушения почвы под воздействием работы сельскохозяйственных машин.

Промышленная эрозия возникает в результате разработки карьеров с полезными ископаемыми, строительства дорог, зданий и других объектов.

Лесозаготовительная эрозия возникает в процессе вырубке лесов, заготовки древесины и отсутствии рекультивации лесных почв.

За последние 50 лет эрозионный снос в океан вырос приблизительно в 8 раз. В 1940—1950 гг. он составлял около 3 млрд т в год, а к концу XXв. достиг 24 млрд т. Имеются данные, что за историю человечества на нашей планете потеряно около 2 млрд га плодородных земель. Каждый год в мире теряется около 7 млн га пашни, при хозяйственном использовании которых можно было бы прокормить более 20 млн человек [26].

За последние 100 лет эрозии подверглось 480 млн га (27% общей площади) обрабатываемых земель. На Мадагаскаре после уничтожения лесов под сельскохозяйственные угодья и с целью заготовки древесины более половины территории подвержено эрозии. Значительные площади земель потеряны для сельскохозяйственного использования в Аргентине, Чили, Бразилии, странах Центральной и Южной Америки, Азии и Африки. В Китае эрозии подвержено около 150, в США — около 120, во Франции — более 4,5 млн га. За последние 200 лет только в США в категорию бросовых перешла $\frac{1}{3}$ всех пахотных земель.

На территории Беларуси водной и ветровой эрозии в разной степени подвержено около 38% всей площади земель. Наибольший удельный вес земель, подверженных водной эрозии, приходится на Витебскую область — 7% от общей площади сельскохозяйственных земель области, наименьший — на Брестскую и Гомельскую области (2,2 и 0,8% соответственно), в Могилевской, Минской и Гродненской областях данный показатель составляет соответственно 6,2, 5,5 и 5,0%.

Удельный вес подверженных ветровой эрозии земель в общей площади сельскохозяйственных земель Беларуси составляет для Гродненской области — 1,7, Гомельской — 1,6, Минской — 1,1%. Для Брестской, Витебской и Могилевской областей данный показатель не достигает 1% [70].

В Беларуси ежегодно потери гумуса составляют 180 кг / га, азота до 10 кг / га, фосфора и калия — до 6 кг / га [13].

Всего же за время своего существования человечество потеряло 2 млрд га плодородных земель.

При ускоренной эрозии плодородный слой гумуса толщиной 20 см (образуется в течение 5—7 тыс. лет), не защищенный растительным покровом после уборки урожая, может быть разрушен одной пыльной бурей или ливнем за несколько часов.

В Белорусском Полесье при возделывании пропашных культур потери торфа могут составлять до 2—3 т / га [61].

Одним из последствий эрозии может быть образование эрозийных форм рельефа: оврагов, балок, ям, рытвин.

В результате распашки и использования земель для ведения сельского хозяйства происходит замена естественных сообществ искусственными с преобладанием одного или нескольких культурных видов растений и сопутствующих им сорных видов.

Вместе с этим на аграрных территориях в массовом количестве появляются вредители сельского хозяйства (млекопитающие, насекомые). Из-за нарушения процесса саморегуляции, в противоположность естественным сообществам, происходит обеднение фауны агроэкосистем с доминированием видов вредителей. Это связано с тем, что множество животных, в том числе и полезных (хищных млекопитающих, птиц, насекомых), погибает при распашке земель, уборке урожая, химической обработке.

Ежегодно с биомассой убираемых растений из агроэкосистем удаляется значительное количество питательных веществ, что приводит к снижению естественного плодородия почвы и нарушению круговорота веществ.

Неграмотное ведение сельскохозяйственной деятельности, несоблюдение севооборотов, использование экологически опасных технологий обработки почвы приводит к возникновению эрозии почв, потере их плодородного слоя.

Отрицательное влияние на почвенное плодородие оказывает и сельскохозяйственная техника. При уплотнении почвы нарушается ее структура, резко ухудшаются водно-воздушные условия. Норма давления на почву — 1 кг / см², если же этот показатель составляет 3—5 кг / см², урожайность снижается на 30% [29].

Сельское хозяйство оказывает значительное влияние и на болотные экосистемы. Многие из них преобразованы в агроценозы и включены в сельскохозяйственный оборот. Общая площадь осушенных сельскохозяйственных угодий в мире составляет свыше 135 млн га. Наибольшие площади таких земель находятся в США — 60 млн га, в ряде европейских стран: Великобритании, Венгрии, Польше, Германии, России и Беларуси. Болота имеют большое гидрологическое, климатологическое и экологическое значение для биосферы. Они являются резерватами биоразнообразия, многие из них рассматриваются как

уникальные составляющие в структуре биосферы. Данные экосистемы выступают своеобразными резервуарами пресной воды, разлагающегося органического вещества, поддерживают уровень залегания грунтовых вод на прилегающих ландшафтах.

Непродуманная мелиорация (осушение), нарушения технологий мелиорирования, технические ошибки при эксплуатации осушенных земель часто вызывают самые разные отрицательные экологические последствия:

- снижение уровня залегания грунтовых вод и как следствие этого обмеление и высыхание сопредельных водных объектов;
- снижение продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий;
- усыхание лесов;
- ускоренное разрушение слоя торфа;
- интенсивные эрозионные процессы;
- снижение биоразнообразия целых регионов и т. д.

Орошение засушливых территорий наряду с положительным может оказывать и серьезное отрицательное воздействие. Орошаемое земледелие распространено больше чем в 100 странах мира и занимает 225—250 млн га земель (более 17% пахотных земель). Наибольшее количество таких земель находится в Китае — 49, Индии — 40, США — 21 млн га.

При продолжительном и избыточном орошении земель может наблюдаться засоление и заболачивание почв. Происходит соединение поливной воды с соленосным слоем, что приводит к образованию на поверхности почвы соляной корки. Подобное явление наблюдается и в случае полива водами, имеющими высокое содержание минеральных веществ.

В последнее время заболачивание и засоление орошаемых земель имеют место во всех странах Ближнего Востока, Средней Азии, а также в Австралии, США, Аргентине и Индии. Эти процессы негативно отражаются не только на состоянии вод и почвы, они сильно влияют на фауну и флору. В результате происходит смена типичных зоо- и фитоценозов, снижается биоразнообразие, гибнут уникальные экосистемы.

Негативное воздействие на природные ландшафты может оказывать и животноводство.

Нерегулируемый выпас скота приводит к эрозии почвы, особенно на горных склонах, возвышенностях, где выпадает значительное количество осадков.

Иногда вследствие выпаса домашних животных происходят коренные изменения растительности. Особенно это заметно в степных районах, например, в Европе, где в результате постоянного воздействия крупного и мелкого рогатого скота изменилась структура луговых и степных биоценозов. Подобные изменения происходят из-за регулярного поедания скотом надземных органов травянистых растений, нарушения корневой системы злаковых, изменения химического состава почвы благодаря продуктам жизнедеятельности (экскременты, моча). Уплотнение почвы и сильное выедание и выбивание растительности при больших пастбищных нагрузках вызывают изменение влажности почвы и характера стока, усиливают эрозию. Изменения биоценозов приводит не только к деградации растительного покрова, но и резкому сокращению видового состава животных. Подобная ситуация имеет место на некоторых пойменных лугах реки Припять в окрестностях Турова.

Избирательность поедания кормов стимулирует увеличение относительного обилия в фитоценозах несъедобных, ядовитых и колючих растений.

При перевыпасе в песчаных пустынях пески приходят в движение, в результате чего гибнут экосистемы оазисов и небольших пустынных водоемов. Так, в Северной Африке опустыниванию подвержено 65 млн га пастбищ.

В некоторых районах высокая концентрация домашних животных содействует поддержанию очаговых инфекций (например, сонной болезни в Африке, энцефалита в Сибири).

Серьезной проблемой выступает химическое загрязнение окружающей среды в результате сельскохозяйственной деятельности.

Основными источниками сельскохозяйственного загрязнения среды выступают:

- животноводческие хозяйства;
- земледельческие (полеводческие) хозяйства;
- хранилища ядохимикатов и минеральных удобрений;
- сельскохозяйственная техника.

К основным веществам-загрязнителям относятся:

- стоки животноводческих ферм (жижа);
- аммиак (присутствует в стоках ферм, входит в состав удобрений);
- минеральные удобрения (азотсодержащие, в том числе нитратные, фосфатные, калийные, из которых особо опасны хлорсодержащие);

- ядохимикаты (долгоживущие, например ДДТ);
- нефтепродукты.

Крупные животноводческие хозяйства оказывают постоянный прессинг на окружающую среду, проявляющийся в первую очередь в загрязнении всех сред жизни. Наибольшую опасность представляют крупные свиноподкомплексы, а также комплексы по разведению крупного рогатого скота. Свиноводческий комплекс мощностью 54 тыс. голов ежедневно выбрасывает в атмосферу 578 кг аммиака, 3,1 кг сероводорода, 8 кг меркаптанов, 96 кг углекислого газа, 167 кг пыли и огромное количество микроорганизмов, являясь еще и источником биологического загрязнения среды.

Основными источниками поступления в атмосферу загрязнителей являются животноводческие помещения, хранилища и сооружения по обработке бесподстилочного навоза. Отходы крупных животноводческих комплексов часто хранятся под открытым небом, постоянно поставляя в природные экосистемы в огромных количествах различные загрязнители. Например, от животноводческого комплекса на 50 000 голов в окружающую среду поступает такое же количество фосфора, как и от города с десятитысячным населением [29].

В местах размещения животноводческих комплексов происходит загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод, атмосферы (в результате испарения стоков ферм), создаются неблагоприятные санитарно-гигиенические условия для жизни людей. Загрязнение вызывает гибель отдельных видов организмов, изменяя видовую структуру зооценозов. Сброс животноводческих стоков стимулирует интенсивный рост макрофитов, приводит к зарастанию водного объекта и заилению дна, что может вызвать обмеление экосистемы.

Продуктивность современного сельского хозяйства в значительной степени зависит от использования минеральных и органических удобрений. По разным данным доля минеральных удобрений в повышении урожайности культур составляет от 40 до 70%. Мировое производство неорганических удобрений в наши дни достигает 200—220 млн т в год [13].

Широкое применение минеральных удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве одновременно с повышением урожайности вызывает загрязнение почв и поверхностных вод биогенными элементами и балластными веществами. Минеральные удобрения вызывают загрязнение почвы не только макро- (азот, фосфор), но и микроэле-

ментами. Применение азотных удобрений приводит к повышению кислотности почв, вымыванию кальция и магния. В составе фосфорных удобрений присутствуют соединения фтора (от 0,2 до 4%), мышьяка (до 0,006%), кадмия (10—30 мг / кг), железа, селена и некоторых радионуклидов (уран, торий). Избыточное внесение фосфорных удобрений представляет серьезную опасность. Отрицательным последствием применения калийных удобрений является поступление в почву хлора.

Избыточное количество вносимых нитратов и фосфатов, помимо загрязнения воды и почвы, ухудшает качество продуктов питания, отрицательно влияя на состояние здоровья человека. Конечно, нельзя воспринимать нитраты как сугубо ядовитые и опасные вещества. Это химическое соединение содержится в каждом растении. Азотсодержащие вещества, к которым они относятся, необходимы для роста растений, увеличения биомассы растительных организмов. Однако их избыток, как и любого другого вещества, негативно сказывается на здоровье.

Увеличение содержания нитратов в окружающей среде в результате внесения удобрений приводит к нарушению процессов нитрификации и денитрификации, что вызывает нарушение круговорота азота. Попадание минеральных удобрений в воду провоцирует массовое размножение цианобактерий (цветение воды), что часто приводит к массовым заморам рыбы, гибнущей от отравления продуктами жизнедеятельности этих микроорганизмов и от недостатка кислорода, поскольку цианобактерии, покрывая жабры, препятствуют доступу растворенного в воде кислорода.

Изменение химического состава почвы негативно отражается на фауне почвенных организмов. При загрязнении минеральными удобрениями почвы наблюдается гибель насекомых, дождевых червей, изменяется состав микрофлоры, что нарушает процессы образования почвы.

Особенно опасны порошковые удобрения, так как они легко вымываются из почвы. В результате этого культурные растения не успевают получить необходимые вещества и человек вынужден для повышения урожайности повторно вносить дополнительные дозы удобрений.

Гранулированные и кристаллические удобрения более удобны, так как растворяются постепенно, но и они небезопасны для природы: в Европе около 40% птиц, погибающих по вине человека, получают

отравления такими удобрениями, принимая яркие голубые, красные, белые гранулы за семена и ягоды и поедая их.

Даже небольшое количество аммиака, попадая в воду, вызывает гибель рыб, ракообразных, многих видов насекомых.

Эффективным средством борьбы с вредителями и сорняками являются ядохимикаты (пестициды).

Пестициды — химические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, бытовыми вредителями и внешними паразитами животных, а также для регулирования роста, предуборочного подсушивания растений и удаления листьев.

Основная масса пестицидов — это синтезированные вещества. По химической структуре различают следующие виды пестицидов:

- хлорорганические;
- фосфорорганические;
- ртутьорганические;
- мышьяксодержащие;
- производные мочевины;
- цианистые соединения;
- производные карбаминовой, тио- и дитиокарбаминовой кислот;
- препараты меди;
- производные фенола;
- производные серы и ее соединений др.

По объекту воздействия выделяют *акарициды* (бромпропилат, дикофол, динобутон, ДНОК, тетрадифон — для борьбы с клещами), *альгициды* (сульфат меди и его комплексы с алканоаминами, акролеин и его производные — для борьбы с водорослями), *арборициды* (каяфенон, кусагард, фанерон, ТХАН, трисбен, лонтрел и др. — для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности), *бактерициды* (соли меди, стрептомицин, бронопол, 2-трихлорметил-6-хлорпиридин и др. — для борьбы с бактериями), *гербициды* (диурон, симазин, атразин, монурон и др. — для борьбы с сорняками), *инсектициды* (линдан, дильрин, альдрин, хлорофос, дифос, карбофос и др. — для борьбы с насекомыми), *лимациды* (для борьбы с моллюсками), *нематоциды* (ДД, ДДБ, трапекс, карбатион, тиазон — для борьбы с нематодами), *родентициды* (для борьбы с грызунами), *фунгициды* (цинеб, каптан, фталан, додин,

хлорталонил, беномил, карбоксин — для борьбы с фитопатогенными грибами) и др.

К пестицидам относятся также химические средства стимулирования и торможения роста растений, препараты для удаления листьев (дефолианты) и подсушивания растений (десиканты).

Ежегодно в мире производится около 5 млн т ядохимикатов. Более 110 тыс. т пестицидов попадает в водную среду [41].

В последние пять лет в Беларуси отмечается неуклонная тенденция к увеличению количества используемых пестицидов. С 2002 по 2006 г. применение пестицидов возросло с 4 300 т до 10 500 т, т. е. в 2,4 раза [5]. Соответственно, возрастает и влияние применяемых химикатов на естественные природные экосистемы.

Собственно пестициды (действующие начала) — природные или чаще всего синтетические вещества, применяющиеся не в чистом виде, а в виде различных комбинаций с разбавителями и ПАВ. Известно несколько тысяч действующих веществ, из них постоянно используется около пятисот. Ассортимент постоянно обновляется, что связано с необходимостью создания более эффективных и безопасных для людей и окружающей среды пестицидов, а также развитием у насекомых, клещей, грибов и бактерий резистентности при длительном применении одних и тех же пестицидов.

Основными характеристиками пестицидов являются активность по отношению к целевым организмам, избирательность действия, безопасность для людей и окружающей среды. Активность пестицидов зависит от их способности проникать в организм, передвигаться в нем к месту действия и подавлять жизненно важные процессы. Избирательность зависит от различий в биохимических процессах, ферментов и субстратов у организмов разных видов, а также от применяемых доз.

На экологическую вредность пестицидов влияет в основном их химическая природа, продолжительность жизненного цикла, способность избирательно действовать на отдельные организмы и трансформироваться в природной среде.

От 20 до 65% примененного количества пестицидов сохраняется и затем разлагается непосредственно в местах применения, от 1 до 10% — аккумулируется в поверхностном слое почвы, от 30 до 55% — поступает в атмосферу, от 4 до 20% — подвергается транслокации в растения, от 1 до 5% — поступает в поверхностные

воды, менее 5% — мигрирует в глубину почвы и попадает в водонесные горизонты. На поведение и состояние этих веществ в почве и растениях влияет значительное число факторов, включая их физико-химические свойства [38].

Большинство пестицидов вызывают гибель и полезных, и вредных видов животных. Наиболее токсичными являются фосфорорганические пестициды, обладающие нейротоксичным действием, и гербициды — производные мочевины (монурон, диурон, небурон, фенурон) [17]. Гибели диких животных и растений, не относящихся к категории культурных, способствует одновременное применение ядохимикатов и минеральных удобрений. Данный процесс вызывает обеднение структуры биоценозов и снижение их значимости для стабильности и эволюции биосферы.

Самым известным хлорорганическим пестицидом является дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ). В 1948 г. швейцарский химик П. Мюллер получил Нобелевскую премию за исследование влияния токсических свойств ДДТ на насекомых. Несмотря на широкое применение и высокую эффективность некоторые виды вредителей оказались невосприимчивыми к воздействию этого препарата (более 120 видов членистоногих).

Спустя 30 лет после начала применения ДДТ запретили сначала в Швейцарии, а потом — и во всем мире. Это вещество оказалось канцерогеном. За время использования в разных уголках Земли было рассеяно около 1,5 млн т ДДТ. Он был обнаружен в организмах пингвинов в Антарктиде и белых медведей в Арктике, куда попал в результате миграции по пищевым цепям. В Америке и Европе от отравления этим препаратом (величина токсичности LD_{50} составляет 118 мг/кг [38]) гибли птицы, рыбы, не говоря уже о беспозвоночных. В результате действия ДДТ у птиц нарушался процесс размножения (угасал инстинкт размножения), не образовывалась скорлупа яиц, наблюдалась гибель зародышей в яйце.

П. Ревелль и Ч. Ревелль указывают, что если содержание ДДТ в планктоне составляет $0,04 \text{ млн}^{-1}$, то у мелкой рыбы — следующего элемента пищевой цепочки — 0,2—1,2, крупной рыбы — 1—2, питающейся рыбой птицы — 3—76 [54].

Данный препарат характеризуется высокой устойчивостью в объектах окружающей среды (период его полураспада в воде составляет 10 лет), низкой растворимостью в воде, выраженной способностью

накапливаться в жировой ткани животных — все эти свойства ДДТ обусловили его известность как важного загрязнителя среды. Этот пестицид запрещен к производству и применению, но его отрицательное воздействие продолжается, в том числе и на территории нашей страны.

При проведении фоновой мониторинга почв остаточные количества ДДТ были зафиксированы в почвенных образцах на территории Брестской, Гомельской и Минской областей, максимальные количества ДДТ, в 1,8 раза превышающие средние для страны значения, выявлены в почвах Гомельской области [69].

Большую опасность для живых организмов, в том числе и человека, представляют ртутьсодержащие ядохимикаты, применяемые для обработки семян вместе с хлорорганическими соединениями, в первую очередь оказывая губительное действие на птиц.

Многие из ядохимикатов не только токсичны, но и являются канцерогенами и мутагенами — веществами, вызывающими мутации в организме растений, животных и человека.

К концу XX в. сельское хозяйство поставляло в природу огромное число мутагенов, уступая по этому показателю только промышленности. Сельскохозяйственное происхождение имеет 21% всех мутагенов, попадающих в организм человека [58].

При сельскохозяйственных работах в почву и воду попадают нефтепродукты. Подобное загрязнение не носит массового характера, но эти токсичные соединения также вызывают гибель микрофлоры и почвенных беспозвоночных.

Агрохимическое картографирование почв Беларуси показало, что 23% сельскохозяйственных угодий имеют повышенное содержание или частично загрязнены элементами тяжелых металлов. Загрязненные площадки формируются в пригородных зонах крупных промышленных центров. Особую опасность представляет свинец, содержание которого повсеместно выше фонового в среднем в 1,3—1,7 раза, а также цинк и кадмий. Такие загрязнения почв носят локальный характер и имеют мозаичное распространение, связанное с точечными источниками загрязнения.

Позитивное воздействие сельского хозяйства на окружающую среду заключается в создании резерватов сохранения биоразнообразия в антропогенном ландшафте, например лесозащитных полос для защиты полей от эрозии почвы. В данных искусственных экосистемах концентрируются птицы, насекомые и другие организмы.

Сельскохозяйственная деятельность может способствовать увеличению численности отдельных видов организмов. Например, осушение болот в Беларуси и использование их в качестве территорий для сельскохозяйственной деятельности (выращивание сельскохозяйственных культур, выпас скота и т. д.) содействовало росту популяции белого аиста.

Расширение посевных площадей способствует увеличению численности вредителей, сорных растений и синантропных видов.

1.2 Природные ресурсы и их классификация

Природные ресурсы — любые природные объекты и явления, используемые в хозяйственной или иной деятельности, служащие средством существования человеческого общества.

Природные ресурсы (вода, полезные ископаемые, воздух, солнечный свет, животные, растения и т. п.) многообразны, как и возможности их использования, и являются составной частью материально-технической базы общественного производства.

Как отмечает В. В. Рудский, природные ресурсы — категория историческая: их использование связано с уровнем развития производства. В каждую историческую эпоху было свое соотношение ценности разных ресурсов [59].

Существуют ряд классификаций природных ресурсов: по энергетической емкости, по происхождению и т. д. Общепринятой считается классификация природных ресурсов по исчерпаемости (истощимости), согласно которой все ресурсы делятся на две большие группы — исчерпаемые и неисчерпаемые ресурсы (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 — Классификация природных ресурсов

К **исчерпаемым ресурсам** относятся природные объекты и явления, запасы которых ограничены и которые при высокой скорости потребления могут иссякнуть. Эта группа в свою очередь делится на две подгруппы: невозобновимые и возобновимые.

Невозобновимые ресурсы не восстанавливаются или возрождаются в сотни, тысячи раз медленнее, чем расходуются. К ним относятся почти все полезные ископаемые: нефть, природный газ, руды металлов, янтарь, каменный уголь и т. д. Довольно остро стоит вопрос охраны этих ресурсов, что ставит человечество перед дилеммой: охранять эти ресурсы или все же использовать. Без ресурсов данного рода наша цивилизация существовать и развиваться не может, поэтому их охрана, в принципе, должна сводиться к обеспечению разумного потребления и экономии.

Возобновимые ресурсы обладают способностью постоянно восстанавливаться по мере использования человеком. К этой категории относятся: плодородие почв, торф, биоресурсы (животный и растительный мир, мир грибов и микроорганизмов). В настоящее время очень быстрыми темпами возрастает их использование, что не может не создавать потенциальную и реальную угрозу для ряда видов таких ресурсов. Обязательным условием использования данных ресурсов является следующее: скорость изъятия возобновимых ресурсов не должна превышать скорость их восстановления (последняя различна у разных ресурсов). Например, популяции мелких животных или ряда травянистых растений могут восстановить свою численность (если она не достигла критического предела) в течение нескольких лет. Для крупных организмов (крупные рептилии, птицы, звери) этот показатель исчисляется десятками лет. Скорость восстановления численности организмов зависит от состояния окружающей среды, скорости размножения организма и других параметров. По сравнению с отдельными видами сообщества организмов восстанавливаются значительно медленнее. Это связано с необходимостью установления в сообществе прочных взаимосвязей между разными видами организмов: экосистема мелколиственного леса (березняк, осинник, ольшаник) может самостоятельно восстановиться в течение 20—30 лет, ельника — 80—120 лет, дубравы — не менее 400 лет. Плодородие почв возобновляется еще медленнее, в некоторых случаях требуется до тысячи лет, чтобы восстановить данный ресурс.

Неисчерпаемые ресурсы на Земле имеют неограниченные запасы. Данная группа включает три подгруппы:

- водные ресурсы — воды Мирового океана;
- климатические ресурсы — атмосферный воздух, энергия ветра;
- космические ресурсы — солнечная радиация, энергия морских отливов и приливов.

Несмотря на название вышеобозначенной группы ресурсов, неисчерпаемых ресурсов на Земле практически не существует из-за непродуманной хозяйственной деятельности человека: запасы воды на планете остаются неизменными, но загрязнение воды и нерациональное ее использование привело к тому, что во многих регионах Земли загрязненную воду не возможно использовать как ресурс. Дефицит чистой пресной воды во второй половине прошлого века привел к тому, что ее рассматривают как исчерпаемый ресурс. Загрязнение атмосферы способствует уменьшению количества солнечной радиации, например, в крупных промышленных центрах — до 50%. Сильная загазованность воздуха не позволяет использовать его в качестве ресурса. Вмешательство человека в геологический круговорот, в климатические процессы влияет даже на скорость и направление ветра, тем самым ограничивая возможности использования климатических ресурсов.

Мировое сообщество, озабоченное экологическим кризисом, возникшим по причине непродуманной хозяйственной деятельности человека, предпринимает шаги по стабилизации и улучшению экологической обстановки на планете. Выработывая стратегию развития цивилизации на перспективу, основной упор делается на рачительное использование ресурсов и охрану природы.

В Беларуси разработан целый ряд комплексных экологических программ по решению проблем в области охраны окружающей среды. Наиболее значимыми являются Национальная стратегия и план действия по сохранению и устойчивому развитию биологического разнообразия, План действий по гигиене окружающей среды, Программа обращения с коммунальными отходами, Программа по улучшению снабжения населения питьевой водой, Программа охраны земель, Программа ресурсосбережения. Для научного обеспечения проведения природоохранных мероприятий на предприятиях внедрены научные программы «Природопользование и охрана окружающей среды», «Ресурсосбережение», «Лесное хозяйство», «Экологическая безопасность» и др., направленные на обеспечение

разумного, научно обоснованного использования разных видов ресурсов, без которого невозможно дальнейшее существование человека. Каждый ресурс, несмотря на то, к какой категории он относится, имеет большое значение не только для биосферы в целом. Все ресурсы нуждаются в охране — и исчерпаемые, и неисчерпаемые.

1.3 Рациональное природопользование и охрана природы. Ресурсный цикл природопользования

Природопользование — удовлетворение потребностей общества путем использования разных видов природных ресурсов.

Рациональное природопользование предполагает вовлечение богатств природы в сферу общепроизводственной деятельности, обеспечивающей потребности настоящих и будущих поколений людей.

По используемым свойствам и характеру зависимости от природы отрасли хозяйства делятся на:

а) тесно связанные с природой:

1) природно-ресурсные (сельское, водное, лесное хозяйство, гидроэнергетика, горнодобыча, промыслы), использующие природу как источник ресурсов, обязательное условие своего размещения, способствующее их развитию. Задача рациональной организации такого природопользования — сохранение используемых ландшафтов и их компонентов в состоянии наиболее близком к естественному при сохранении природного разнообразия и генофонда;

2) ландшафтопользования (курортно-оздоровительная деятельность, туризм, горные, водные виды спорта, заповедная, научно-исследовательская деятельность);

б) менее тесно связанные с природой:

1) связанные с природой опосредованно, через ресурсные отрасли, включающие базовые отрасли промышленности (металлургия, энергетика, химическая и строительная индустрия, переработка нефти, газа, каменного угля, древесины, сельскохозяйственного сырья). Рационализация такого природопользования сводится к уменьшению техногенного воздействия на природу путем внедрения

ресурсосберегающих, малоотходных и утилизационных технологий;

- 2) перерабатывающие, потребляющие и перераспределяющие сырье и топливо преимущественно в переработанном виде (отрасли обрабатывающей промышленности, инфраструктуры, наименее зависящие от местных свойств природных систем, однако воздействующие на них сильно, так как их отходы плохо ассимилируются природной средой) [59].

Термин «охрана природы» впервые был принят на I Международном съезде по охране природы, который прошел в Швейцарии (1913). На I Европейской рабочей конференции по природоохранному просвещению (1971) было признано, что понятия «охраны природы» и «охрана окружающей среды» являются синонимами.

Охрану природы следует рассматривать и как отдельную науку, и как систему мероприятий [40].

Охрана природы как комплексная наука включает в себя разработку общих принципов и методов сохранения, восстановления и улучшения природной среды и природных ресурсов.

Как система мероприятий охрана природы направлена на поддержание рационального взаимодействия человека и окружающей среды, обеспечение сохранения и восстановления природных богатств, предупреждение вредного воздействия хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Охрана природы как наука базируется на достижениях экологии, но представляет собой отдельную комплексную дисциплину, функционирующую на стыке естественных, технических и гуманитарных наук. Данное понятие не является синонимом «экологии».

Задачами охраны природы выступают:

- оценка ресурсного потенциала экосистем;
- предотвращение вредного воздействия хозяйственной деятельности на биосферу и человека;
- поддержание и восстановление ресурсного потенциала Земли посредством рационального природопользования;
- создание и обеспечение функционирования особо охраняемых природных территорий;
- проведение экологического и природоохранного просвещения.

Охрана природы проявляется в пяти аспектах [71];

– *хозяйственно-экономическом*, связанном с расходом людьми природных ресурсов (наиболее остро стоит вопрос охраны невозобновимых природных ресурсов);

– *здравоохранительном*, или *оздоровительно-гигиеническом*, обусловленном интенсивным загрязнением природной среды, а также оздоровительным значением природы в процессе отдыха и лечения человека;

– *эстетическом*, заключающемся в сохранении эстетически ценных мест планеты;

– *воспитательном* (любовь к природе, развитие навыков проявления заботы о животных и растениях);

– *научно-познавательном*, предусматривающем необходимость сохранения эталонов природы для изучения законов, управляющих природными комплексами, сохранения генофонда на планете, изучения эволюции и поиска путей управления биосферными процессами в интересах человека.

Спецификой охраны природы является удовлетворение не столько сегодняшних, сколько будущих потребностей общества. Решение задач рационального использования охраны и воспроизводства природных ресурсов имеет громадное значение для каждого государства, так как природоохранительные мероприятия обеспечивают возможность непрерывного экономического развития, в то время как их отсутствие неизбежно создаст непреодолимую преграду для развития хозяйства. Об этом говорит опыт истории и прогнозы, сделанные специалистами разных стран [35].

Методами охраны природы называются технические и организационные приемы выполнения задач по охране природы. В настоящее время применяются *образовательно-просветительские, законодательные, организационные и технические (пассивные и активные)* методы.

Пассивными называются методы, применение которых не оказывает воздействие на охраняемые объекты, но предотвращает вредное на них влияние общества и естественных факторов (очистка выбросов предприятий, рациональное использование природных ресурсов).

Активными — методы, при осуществлении которых производится воздействие на объект охраны с целью вызвать в нем желаемые изменения: улучшение качества, увеличение количества, перераспределение по времени и пространству (насаждение лесов на месте вырубленных, рыборазведение в водоемах).

Техногенное загрязнение окружающей природной среды является неизбежным следствием развития общественного производства и потребления. Организуя хозяйственную деятельность для удовлетворения своих потребностей, человек создает промышленные предприятия, производящие определенную полезную продукцию, используя в технологическом процессе ресурсы, источником которых является природная среда.

Под **ресурсным циклом** (рис. 1.2) понимают совокупность превращений и перемещений определенного вещества или групп веществ на всех этапах использования его человеком (выявление, извлечение из природной среды, переработку, использование, возвращение в природу). Ресурсный цикл, как круговорот, практически не замкнут, т. е. использованные вещества не возвращаются в места их изъятия.



Рисунок 1.2 — Ресурсный цикл природопользования

На каждом этапе ресурсного цикла неизбежны потери: в процессе добычи и транспортировки природных ресурсов к местам их переработки, в результате аварий теряется сырье — объект переработки. Если ресурс используется как топливо, то при его сгорании образуются шлаки, идущие в отвалы, оксиды, летящие в атмосферу, и т. д.

На каждую тонну производимого калийного удобрения образуется от 3 до 4 т галитовых отходов, в основном содержащих хлорид натрия. Крупнотоннажным отходом производства фосфорных удобрений является фосфогипс, которого при переработке апатитового концентрата получается 4,25 т на каждую тонну экстракционной фосфорной кислоты [43]. При этом в природную среду попадают вещества, концентрация, которых в значительной степени превышает фоновые, безопасные для окружающей природной среды значения. Такие вещества называются как **загрязнителями** окружающей среды.

Каждая производственная система, спроектированная с расчетом на длительное функционирование, должна обладать стабильностью и надежностью, что обеспечивается различными методами, в число которых входит и обязательный отвод посторонних веществ, уже не требующихся для основного производства [28]. Такая система не может работать изолированно, поэтому в итоге отходы в виде загрязнений воздействуют на смежные системы [52].

Отходы — вещества (или смеси веществ), признанные непригодными для дальнейшего использования в рамках имеющихся технологий, или после бытового использования продукции.

Отходы производства образуются в виде газообразных выбросов в атмосферу, загрязненных сточных вод, твердых веществ.

С точки зрения естественных наук, любое вещество теоретически может быть использовано тем или иным образом. Ограничением использования является его экономическая целесообразность.

Отходы различаются по:

а) происхождению на:

- 1) промышленные отходы (отходы производства);
- 2) коммунально-бытовые (отходы потребления);

б) агрегатному состоянию на:

- 1) твердые;
- 2) жидкие;
- 3) газообразные;

в) видам воздействия на природную среду и человека на:

- 1) токсичные;
- 2) радиоактивные;
- 3) пожароопасные;
- 4) взрывоопасные;
- 5) самовозгорающиеся;
- 6) коррозионные;
- 7) реакционно-способные;
- 8) вызывающие инфекционные заболевания;
- 9) опасные.

К **опасным** относятся отходы, содержащие вредные вещества, возбудителей инфекционных болезней, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной способностью) либо представляющие непосредственную или потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами [18].

Класс опасности отходов устанавливается с применением экспериментальных или расчетных методов по степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее.

Установлены следующие классы опасности:

- I — чрезвычайно опасные отходы;
- II — высоко опасные отходы;
- III — умеренно опасные отходы;
- IV — мало опасные отходы;
- V — практически неопасные отходы.

С экологической точки зрения отходы производства — это материальные и энергетические загрязнители окружающей среды, которые можно разделить на три группы, в зависимости от характера их воздействия на живые организмы:

группа I — вещества (индивидуальные или смеси), не утилизируемые живыми организмами, вызывающие их угнетение и гибель при любых, даже очень малых, концентрациях в природных средах (ксенобиотики);

группа II — вещества, частично утилизируемые живыми организмами в определенном интервале концентраций, но вызывающие угнетение и гибель организмов вне этого интервала концентраций (условно нетоксичные отходы);

группа III — энергетические отходы, вызывающие изменение физических параметров среды обитания или непосредственно воздействующие на живые организмы.

Промышленные отходы — твердые отходы производства, полученные в результате химических и термических преобразований материалов природного происхождения [18].

Часть отходов, которая может быть использована в том же производстве, называется **возвратными отходами**. Сюда входят остатки сырья и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства товаров (выполнения работ, оказания услуг). Из-за частичной утраты некоторых потребительских свойств, возвратные отходы могут использоваться в условиях со сниженными требованиями к продукту или с повышенным расходом, иногда они не используются по прямому назначению, а лишь в подсобном производстве (например, автомобильные отработанные масла — для смазки неответственных узлов техники). При этом остатки сырья и других материальных ценностей, передаваемых в другие подразделения в качестве полноценного сырья, в соответствии с технологическим процессом, а также попутная продукция, получаемая в результате осуществления технологического процесса, не относятся к возвратным отходам.

Частично из отходов при помощи специальных технологий могут быть извлечены полезные компоненты, которые используются непосредственно в сфере потребления или поступают на какое-либо предприятие в виде вторичных материальных ресурсов (ВМР).

На современном уровне развития техники и технологий не удастся полностью избежать сброса отходов производства в биосферу. Расчеты показывают, что в среднем в конечный продукт, потребляемый обществом, переходит 1—1,5% от общего количества веществ, вовлекаемых в производство. Все остальное составляют отходы, которые выбрасываются в окружающую среду и нарушают взаимосвязанные равновесные процессы в экосистемах. Попадая в атмосферу, гидросферу, литосферу, отходы производства и потребления изменяют естественный фоновый состав природной среды, т. е. вызывают ее загрязнение.

По химической природе отходы — это смеси веществ сложного качественного и количественного состава, обладающие различными физическими и химическими свойствами. В окружающей природной

среде компоненты отходов накапливаются в природных средах или химически взаимодействуют с компонентами атмосферы, гидросферы, литосферы, живыми организмами, вызывая их изменения, а применительно для живых организмов — их адаптацию к новым условиям или гибель.

Живые организмы могут оказаться в зоне воздействия энергетических «отходов» производства — тепловых потоков, шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных полей, ионизирующих излучений. Энергетические «отходы» производства представляют собой энергетические загрязнения биосферы. По расчетам полезное использование энергетических ресурсов мира составляет 25%. Остальные 75% теряются по ходу энергетического потока от добычи энергетического сырья до его конечного использования и, попадая в биосферу, нарушают естественные процессы энергообмена в экосистемах. Энергетические загрязнения биосферы изменяют физические параметры среды обитания живых организмов, что может вызвать их гибель.

Особую опасность для живых организмов представляют аварии и аварийные выбросы промышленных предприятий, представляющие собой процесс разрушительного высвобождения собственного энергозапаса, в результате которого сырье, промежуточные продукты, продукция предприятия, отходы производства, технологическое оборудование вовлекаются в аварийный процесс, создавая поражающие факторы для окружающей среды, населения, самого предприятия и соседних промышленных и бытовых объектов. Аварии на промышленных предприятиях сопровождаются пожарами, взрывами, выбросами токсичных веществ, влияя на изменение параметров среды обитания живых организмов и приводя к нарушению равновесий и потере устойчивости экосистемы, находящейся в зоне воздействия поражающих факторов. В течение длительного периода развития общества вопросы влияния промышленных предприятий на окружающую среду и возникновения связанных с этим экологических опасностей не ставились. И только повсеместное загрязнение атмосферы, почвы, водных объектов токсичными химическими веществами, вымирание огромного числа видов живых организмов, потепление климата, «озоновые дыры», загрязнение пищевых продуктов пестицидами, болезни заставили человечество осознать необходимость экологизации техносферы. В настоящее время можно

говорить о нескольких этапах и путях перехода к такой техносфере. Среди них наиболее значимые:

- создание систем управления воздействием промышленных предприятий на окружающую среду;
- совершенствование технологий очистки промышленных выбросов;
- совершенствование системы экологического нормирования загрязнений;
- создание малоотходных и безотходных технологий, производств, комплексов.

Практически невозможно в течение относительно короткого интервала времени заменить все технологические процессы, используемые в промышленности, на новые, не загрязняющие окружающую среду. Таким образом, на начальном этапе экологизации техносферы актуальна задача управления воздействием промышленных предприятий на окружающую среду. Любая система управления воздействием на окружающую среду должна включать: механизмы регулирования (экономические, правовые, социальные); средства регулирования (контроля) (технические, технологические, организационные); информационно-аналитические системы, позволяющие получать достоверную информацию о воздействии предприятия на окружающую среду, прогнозировать изменения в ее состоянии.

Экономические механизмы регулирования связаны с региональным планированием и материально-техническим обеспечением природоохранной деятельности, установлением лимитов использования природных ресурсов и лимитов выбросов в окружающую среду, размером платежей за использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды, введением системы экономического стимулирования и льгот за деятельность в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Как отмечает Е. В. Рюмина, именно отсутствие строгих норм эколого-экономического взаимодействия привело к потреблению окружающей среды как ресурса, который строго не ограничен и не определен [60].

Правовые механизмы регулирования связаны с введением региональных экологических нормативов качества окружающей среды, а также введением системы юридической ответственности за нарушение природоохранного законодательства. Разрабатывается

соответствующее региональное природоохранное законодательство — система нормативных подзаконных актов, издаваемых органами местного самоуправления и местной администрацией для регулирования отношений в сфере охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Социальные механизмы регулирования представляют собой мероприятия и средства, способствующие развитию принципов экологической этики, внедрению их в массовое сознание. В задачи социального регулирования входит экологическое образование и воспитание, формирование общественного мнения, информационное обеспечение в области регулирования качества окружающей среды.

Средства регулирования (контроля) представляют собой совокупность технических, технологических средств и организационных мероприятий, приводящих к уменьшению техногенного воздействия на окружающую среду (системы мероприятий по предотвращению образования, уменьшению объемов и степени опасности вновь образующихся отходов, совершенствование систем очистки промышленных выбросов).

Информационно-аналитические системы основаны на мониторинге источников воздействия на окружающую среду, который является частью экологического мониторинга состояния окружающей среды. В ходе мониторинга источников воздействия осуществляется наблюдение за источниками воздействия, местами захоронения отходов как потенциальных источников загрязнения окружающей среды, проводится оценка воздействия отдельных источников на окружающую среду, определяется приоритетность факторов и источников воздействия, проводится оценка степени опасности источников и факторов воздействия. Задачей данного вида мониторинга является также прогнозирование и разработка стратегий предотвращения негативных последствий воздействия различных источников загрязнения на окружающую среду с учетом экономических, социальных и экологических аспектов.

Регулирование качества окружающей среды требует определения экологически допустимого уровня техногенного воздействия, разработки норм воздействия в каждом регионе и в каждой точке среды. Разработка таких норм является задачей экологического нормирования. На основании экологических нормативов должны разрабатываться критерии, направленные на ограничение отдельных источников

и факторов воздействия. Существующая сегодня система регламентации техногенных нагрузок базируется на санитарно-гигиенических нормативах, разработанных на предположении, что наиболее слабым звеном биотических отношений является человек, но часто бывает неэффективна и не обеспечивают сохранение природных комплексов.

Одно из главных перспективных направлений экологизации техносферы — создание малоотходных и безотходных технологий, производств, т. е. предотвращение загрязнений непосредственно в технологическом цикле вместо улавливания их на очистных сооружениях. Безотходная технология (чистая технология) — это метод производства продукции при наиболее рациональном использовании сырья и энергии, позволяющий одновременно снизить объем выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ и количество отходов, получаемых при производстве и эксплуатации изготовленного продукта. Сущность безотходной технологии заключается в том, чтобы без снижения производительности обеспечить экологическую безопасность промышленных предприятий.

Под **безотходным производством** понимают совокупность технологических процессов, осуществляемых в рамках одного предприятия таким образом, что весь объем потребляемого исходного сырья полностью переносится на производимую готовую продукцию.

Необходимость использования безотходных технологических процессов не вызывает сомнения, однако доля их в современном производстве еще не велика. Особо остро стоит вопрос переработки и использования разного рода отходов, что будет способствовать решению одной из глобальных экологических проблем — глобального загрязнения воды, атмосферы и земель.

Экологическое прогнозирование — предсказание возможного изменения природных систем, определяемого естественными процессами и антропогенным воздействием, характеризуется следующими особенностями:

1. Природа развивается по своим законам, знание которых всегда относительно.
2. Вмешательство в природную среду большей частью обусловлено законами, действующими в человеческом обществе.
3. Природные ресурсы и объекты планеты взаимообусловлены, взаимосвязаны, в том числе с другими космическими телами. Это затрудняет прогноз.

4. Последствия антропогенного воздействия на природу сказываются на состоянии здоровья человека, зависящего и от социально-экономических факторов. Учесть влияние каждого из этих факторов на здоровье населения сложно.

5. При прогнозировании последствий ухудшения состояния окружающей среды на человеческий организм возникают трудности учета сопротивляемости, устойчивости, приспособляемости организма.

6. Прогнозирование природопользования должно быть осуществлено на основе прогноза социально-экономического развития на всех уровнях — регион, страна и т. д.

7. Прогнозирование природопользования непосредственно связано с прогнозом развития научно-технического прогресса.

8. Использование опыта и результатов международного разделения труда, территориальной организации производства [13].

1.4 Основные методы переработки и использования отходов производства и потребления

В случаях, когда современный уровень развития производства делает экономически целесообразной переработку и(или) утилизацию какого-либо отхода, может быть предложено несколько технологий.

Обезвреживание отходов — это удаление из них вредных примесей.

Утилизация отходов — это процесс обезвреживания и одновременного извлечения из отходов полезных продуктов.

Размещение отходов подразумевает складирование или захоронение отходов. При этом *складирование* — это размещение отходов на поверхности земли, а *захоронение* — это размещение отходов на глубине.

Значительная часть отходов перерабатывается совместно с первичным сырьем по схемам и на оборудовании, предназначенном для этого сырья. Примерами является использование металлолома в сталеплавильных агрегатах, металлургических шлаков и железосодержащих отходов в производстве портландцемента, получение серной кислоты из отходящих газов конвертерного, обжигового и других переделов медеплавильных заводов, товарной продукции из отработанных масел и отходов нефтехимии и т. д.

Вышеназванные методы, аналогичные применяемым для первичного сырья, можно назвать индустриальными.

Существуют и другие способы, получившие преимущественное распространение в процессах специальной переработки вторичного сырья или защиты окружающей среды (воздушной, водной, почв). Таков, в частности, ряд технологий восстановления первоначальных свойств загрязненных земель. Методы этой группы называют утилизационными.

Утилизационные технологии не имеют четкой классификации и в разных исследованиях описываются исходя из принятых в практику индустриальных технологий.

Наиболее распространена классификация технологий по характеру превращений в веществе, обеспечивающих переработку отходов.

По этому признаку все процессы переработки и обезвреживания отходов можно разделить на физические, химические, физико-химические, биохимические и комбинированные.

В *физических процессах* изменяются лишь форма, размеры, агрегатное состояние и некоторые другие свойства отходов при сохранении их качественного химического состава. Эти процессы доминируют, например, при дроблении и измельчении вскрышных пород, хвостов обогащения, шлаков и зол, при окомковании тонкодисперсных материалов, брикетировании рудной мелочи, строительных отходов, в магнитных и электрических методах сепарации смешанных отходов, в процессах сушки и испарения.

Химические процессы изменяют физические свойства исходного сырья и его качественный химический состав. Взаимодействие веществ в них осуществляется в стехиометрических соотношениях, определяемых уравнениями протекающих реакций.

Важное место среди химических процессов занимают термические способы. Для ускорения обезвреживания загрязнителей или их извлечения во всех типах термических превращений могут быть использованы катализаторы.

Термические способы предусматривают тепловое воздействие на отходы, приводящее к изменению их первоначального состава. Применяются такие виды термического воздействия, как сжигание, газификация, пиролиз, нагревание на воздухе, в вакууме и т. д. Их используют для удаления и обезвреживания органических веществ и некоторых цветных металлов, термической стабилизации грунтов, сжигания строительных отходов и т. п.

Вышеизложенные способы получили наибольшее распространение. Их существенное отличие друг от друга заключается в разной

степени окисленности атмосферы, в которой они реализуются (сжигание горючих отходов проводят в окислительной атмосфере, газификацию — в частично окислительной, пиролиз — в неокислительной (без доступа воздуха)). Окислительная, нейтральная, восстановительная атмосфера или ее отсутствие (вакуум) характерны также и для термических способов переработки негорючих отходов.

Сжигание — весьма распространенный метод термической переработки отходов. Он реализуется при температурах не ниже 600°C и относится к окислительным термическим процессам автогенного характера. Автогенность означает, что теплоты, выделяемой при окислении, достаточно для поддержания горения и что дополнительного топлива для этого не требуется.

При сгорании органической части отходов образуются диоксид и оксид углерода, пары воды, оксиды азота и серы, аэрозоли. Методы сжигания не нуждаются в организации шламового хозяйства, имеют компактное, простое в обслуживании оборудование, низкую стоимость очистки отходящих газов. Однако область их применения ограничивается свойствами продуктов реакции. Их нельзя использовать для переработки отходов, содержащих фосфор, галогены, серу, так как могут образовываться продукты реакции, например, диоксины и фураны, по токсичности во много раз превосходящие исходные газовые выбросы.

Твердые продукты сгорания отходов, как правило в виде золы, накапливаются в нижней части печи и периодически вывозятся на захоронение или используются в производстве вяжущих веществ.

Основным полезным продуктом сжигания отходов является обычно тепло отходящих газов, используемых как вторичные энергетические ресурсы для выработки пара, электроэнергии, горячей воды для производственных и бытовых нужд.

Газификация как индустриальная технология применяется для переработки твердых, жидких и пастообразных отходов. В частности, она широко используется в металлургии для получения горючих газов из бурого высокозольного угля.

Сущность газификации заключается в обработке углеродсодержащего вещества (угля) водяным паром, кислородом (воздухом) или диоксидом углерода при 600—1 100°C. В результате соответственно паровой, кислородной, углекислотной или комбинированной конверсии угля образуется равновесная смесь вновь образованных

(водород, оксид углерода) и исходных газов. Эта смесь (генераторный газ, синтез-газ), включающая продукт неполного окисления угля (оксид углерода), а также водород, обладает восстановительным потенциалом и используется как газообразное топливо. Синтез-газ может содержать туман жидких смолистых веществ, однако его восстановительный потенциал практически исключает наличие в нем оксидов серы и азота.

Генераторный газ, полученный при газификации на воздушном или паро-воздушном дутье, вследствие значительного содержания азота имеет низкую ($3,5\text{—}6$ МДж / м³) теплоту сгорания. Он обычно используется по месту получения в низкотемпературных технологических процессах. Газ паро-кислородной конверсии более калориен (до 16 МДж / м³), поэтому может применяться как технологическое топливо для высокотемпературных печей и транспортируется на значительные расстояния от газогенераторной станции. Он является также ценным химическим сырьем (содержание H₂ и СО доходит до 70%).

Пиролиз как способ нагревания органических веществ до относительно высоких температур без доступа воздуха сопровождается разложением высокомолекулярных соединений на низкомолекулярные, жидкую и газообразную фракции, коксованием и смолообразованием. Данный способ используется при сухой перегонке древесных отходов, переработке резино-технических изделий, нефтепродуктов и т. д.

В зависимости от температуры реализации различают три вида пиролиза: низкотемпературный, или полукоксование ($450\text{—}550^\circ\text{C}$); среднетемпературный, или среднетемпературное коксование (до 800°C); высокотемпературный, или коксование ($900\text{—}1\ 050^\circ\text{C}$). С повышением температуры снижается выход жидких и увеличивается — газообразных продуктов. Низкотемпературный пиролиз обычно проводят для получения первичной смолы — наиболее ценного источника жидкого топлива и различных химических продуктов. Основная задача высокотемпературного пиролиза — получение высококачественного горючего газа. Твердый остаток (пиролизный кокс) используют в качестве заменителя природных и синтетических углеродсодержащих материалов, сорбента при очистке питьевых и сточных вод и т. д.

Другие химические методы переработки отходов (*осаждение* и *комплексообразование*) предусматривают добавление химических реагентов к нейтрализуемой массе.

Методы осаждения, основанные на обменных ионных реакциях с образованием малорастворимых в воде веществ, выпадающих в виде осадков, особенно эффективны при нейтрализации нерадиоактивных тяжелых металлов (Cr, Pb, Hg, Cd) и радионуклидов в грунте. В почве после ее обработки фиксируется более 90% указанных элементов. Кроме того осаждение применяют для очистки грунта от полихлорированных бифенилов, хлорированных и нитрированных углеводов.

Технологии комплексообразования используют для связывания (иммобилизации) тяжелых металлов, полициклических и ароматических углеводов, хлорорганики, нефте- и радиоактивных отходов. Комплексообразователями служат неорганические вяжущие типа портландцемента, зольных, силикатов калия и натрия (жидкое стекло), извести, бентонита и др. Недостаток метода — невысокая стойкость некоторых комплексообразователей к воздействию атмосферной и грунтовой влаги, изменению температурного режима, приводящая к разрушению композиционного материала. Эти и другие способы химической переработки твердых отходов нашли широкое применение при стабилизации, очистке и восстановлении почв.

Физико-химические процессы и основанные на них методы являются пограничными между физическими и химическими, образуя совокупность взаимосвязанных физических и химических превращений, протекающих в вещественной субстанции. Значительное влияние на изменение свойств системы при протекании физико-химических процессов оказывают внешние условия (давление, объем, температура и др.), в которых они реализуются. При этом могут существенно изменяться поверхностные, межфазные свойства, развиваются другие явления смешанного (физического и химического) характера.

Физико-химические процессы в утилизационных способах образуют наиболее представительную группу методов, используемых в основном не столько для переработки и утилизации, сколько для обезвреживания промышленных и бытовых отходов. В этом плане можно назвать методы коагуляции и флокуляции, экстракции, сорбции, ионного обмена, флотации, ультрафиолетового излучения, радиационного воздействия и др.

Биохимические процессы, представляющие собой химические превращения, протекающие с участием субъектов живой природы,

выполняющих роль биологического катализатора, основаны на способности различных штаммов микроорганизмов разлагать и(или) усваивать многие органические соединения и составляют основу жизнедеятельности живых организмов растительного и животного мира. Конечным продуктом этих превращений являются вещества неживой природы. На использовании биохимических превращений построены многие технологии, например методы переработки сельскохозяйственной продукции, а также отходов с получением биогаза, биометаллургии, очистки сточных вод и др.

Реальные технологии редко могут быть сведены только к какому-либо одному виду превращений. Как правило, имеют место *комбинированные процессы*, являющиеся сочетанием двух и более типов превращений, один из которых может быть преобладающим.

1.5 Механизмы регулирования природопользования

Природопользование, как отмечалось выше, имеет своей целью получение целевого продукта. Данный процесс управляется человеком не только для обеспечения требуемого качества продукта, но и в целях снижения негативного воздействия на окружающую природную среду, обеспечения экологической безопасности.

Экологическая безопасность — состояние природных территорий, при котором нет угрозы нарушения экологических компонентов, разрушения экосистем под влиянием антропогенного воздействия [13].

В достижении экологической безопасности, особенно на территориях подверженных антропогенному воздействию важное значение имеет нормирование качества окружающей среды.

Механизм регулирования природопользования включает в себя экологический мониторинг, экологическое прогнозирование, экологическую экспертизу, экологический аудит и экологическую сертификацию как хозяйственно-правовую основу достижения экологической безопасности.

Экологический мониторинг — система наблюдений и контроля за состоянием окружающей среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному природопользованию и предупреждению

критических экологических ситуаций, вредных или опасных для здоровья человека и экосистем.

Различают мониторинг международный, региональный, био-сферный, биологический, санитарно-токсикологический и т. д.

Мониторинг может осуществляться на уровне популяции, вида и других категорий биологических макросистем и позволяет оценить экологическое состояние окружающей среды и спрогнозировать ее изменения.

Экологическое прогнозирование — научное предсказание конкретных перспектив сохранения нормальной экологической обстановки в пределах определенных территорий или планеты, а также возможных изменений макросистем в процессе воздействия человека.

Экологическая экспертиза, аудит, сертификация и паспортизация являются одними из важнейших элементов управления природопользования.

Экологическая экспертиза — система комплексной оценки проектов хозяйственного строительства и исполнения природных ресурсов на предмет экологической безопасности и системы рационального природопользования.

Экологической экспертизе подлежат проекты годовых и перспективных планов строительства, реконструкции, использования территорий, отдельных хозяйственных объектов, схемы мероприятий по охране природы и т. д. Экологическая экспертиза служит для установления соответствия планируемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определения допустимости реализации с учетом ее воздействия на окружающую среду, а также наступления экологически значимых последствий при реализации.

В Республике Беларусь проводятся государственная и общественная экологические экспертизы. Основания и порядок их осуществления определены Законами Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» и «О государственной экологической экспертизе».

Государственная экологическая экспертиза является обязательным элементом процесса планирования, проектирования и принятия решений о социально-экономическом развитии, осуществления хозяйственной и иной деятельности на территории Республики Беларусь. Она организуется и проводится Министерством природных ресурсов

и охраны окружающей среды Республики Беларусь или его территориальными органами в целях:

- определения достаточности и обоснованности мер по охране окружающей среды, предусматриваемых проектным решением планируемой хозяйственной и иной деятельности;

- определения уровня экологической опасности, которая может возникнуть в процессе осуществления планируемой хозяйственной и иной деятельности и прямо или косвенно оказать воздействие на окружающую среду;

- предупреждения возможных неблагоприятных воздействий планируемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и связанных с ними негативных последствий.

Заказчиками государственной экологической экспертизы выступают инициаторы планируемой хозяйственной и иной деятельности — физические и юридические лица, осуществляющие хозяйственную и иную деятельность на территории Республики Беларусь.

В соответствии со ст. 6 Закона Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе» объектами государственной экологической экспертизы являются:

- концепции, программы (в том числе инвестиционные) и схемы отраслевого и территориального социально-экономического развития;

- схемы комплексного использования и охраны природных ресурсов;

- градостроительная документация (генеральные планы городов и населенных пунктов, проекты и схемы детальной планировки);

- обоснования инвестиций в строительство, проектная документация (архитектурный, строительный проекты и др.) на строительство, реконструкцию, расширение, техническое перевооружение, модернизацию, изменение профиля производства, ликвидацию объектов и комплексов независимо от ведомственной подчиненности и форм собственности.

Данный перечень не является исчерпывающим, в качестве объектов государственной экологической экспертизы могут рассматриваться и иные проектные решения планируемой хозяйственной и иной деятельности, реализация которых может оказать воздействие на окружающую среду. Государственная экологическая экспертиза финансируется за счет средств республиканского бюджета. Срок проведения государственной экологической экспертизы, как правило,

не должен превышать двух месяцев со дня представления всех необходимых документов. По результатам проведенной государственной экологической экспертизы составляется экспертное заключение, содержащее выводы о соответствии проектных решений планируемой хозяйственной и иной деятельности требованиям законодательства и о целесообразности (нецелесообразности) их реализации. Положительное заключение государственной экологической экспертизы действительно в течение пяти лет, однако его действие может быть прекращено в следующих случаях:

- при реализации проектных решений планируемой хозяйственной и иной деятельности с отступлениями от документации, получившей положительное заключение, если данное отступление связано с вопросами охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;

- при внесении изменений в проектную и иную документацию после получения положительного заключения государственной экологической экспертизы, если данные изменения связаны с вопросами охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

При отрицательном заключении государственной экологической экспертизы заказчик обязан учесть предложения экспертного заключения при доработке документации и представить ее на повторную экспертизу либо отказаться от реализации проектного решения планируемой хозяйственной и иной деятельности. Финансирование и реализация проектных решений планируемой хозяйственной и иной деятельности, подлежащих государственной экологической экспертизе, без положительного заключения государственной экологической экспертизы запрещаются.

Порядок проведения государственной экологической экспертизы определен в Инструкции, утвержденной Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Общественная экологическая экспертиза организуется и проводится по инициативе общественных объединений и граждан независимыми специалистами, которые вправе получать от заказчика (инициатора планируемой хозяйственной и иной деятельности) документацию, подлежащую экологической экспертизе, в том числе

материалы по оценке воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности. Заключение общественной экологической экспертизы носит рекомендательный характер и может направляться в органы, проводящие государственную экологическую экспертизу, местные исполнительные и распорядительные органы, а также иным заинтересованным лицам. Финансирование общественной экологической экспертизы производится за счет средств ее инициаторов (общественных объединений и (или) граждан).

Экологический аудит представляет собой независимую комплексную документированную проверку соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, требований в области охраны окружающей среды, в том числе нормативов и технических нормативных правовых актов, а также требований международных стандартов [76].

По мнению Г. Винтера, экологический аудит — средство управления, позволяющее проводить систематическую, документальную, планомерную и объективную оценку наличия и эффективности природоохранного управления и систем защиты окружающей среды в целях содействия охране окружающей среды [10].

По результатам экологического аудита производится подготовка рекомендаций по снижению либо предотвращению вредного воздействия такой деятельности на окружающую среду.

Объектами экологического аудита являются:

– окружающая среда в границах санитарно-защитной зоны объектов экоаудируемого субъекта, в процессе деятельности которого оказывается воздействие на окружающую среду;

– хозяйственная и иная деятельность, а также сооружения, производства, цеха и иные объекты, эксплуатация которых оказывает или может оказать воздействие на состояние окружающей среды;

– документация экоаудируемого субъекта (проектная, техническая, технологическая, эксплуатационная и др.);

– бизнес-планы инвестиционных проектов при проведении модернизации или реконструкции действующего производства, а также при создании нового производства и ежегодные бизнес-планы развития хозяйственной и иной деятельности, при которой имеется вероятность возникновения экологического риска;

- другие объекты, связанные с охраной окружающей среды, использованием природных ресурсов, обеспечением экологической безопасности.

Экологический аудит проводится в целях:

- обеспечения охраны окружающей среды и рационального природопользования;

- повышения качества природоохранной деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность;

- оценки хозяйственной и иной деятельности аудируемого субъекта, опасности его объектов и причиненного вреда окружающей среде;

- определения возможностей и направлений последующей деятельности экоаудируемого субъекта на конкретной территории и необходимости осуществления мероприятий по восстановлению окружающей среды.

В результате проведения экологического аудита решаются следующие задачи:

- обосновывается экологическая стратегия и политика предприятия;

- определяются приоритеты при планировании природоохранной деятельности предприятия, выявляются дополнительные возможности ее осуществления;

- выполняется проверка соблюдения субъектом хозяйственной деятельности законодательства об охране окружающей среды;

- обеспечивается снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды.

По своему назначению экологический аудит является рыночным инструментом, составляющим один из сегментов рынка экологических услуг как вида предпринимательской деятельности, осуществляемой на независимой, профессиональной, лицензионной основе. Согласно ст. 97 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» экологический аудит проводится юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, имеющими лицензию на занятие этим видом деятельности. Лица, проводящие экологический аудит, могут оказывать услуги в выработке решений по повышению экологической безопасности производства на проверяемых объектах.

Экологический аудит проводится за счет собственных средств проверяемых юридических лиц или индивидуальных предпринимателей и может носить добровольный или обязательный характер. Обязательный экологический аудит проводится в случаях, прямо установленных нормативными правовыми актами. В соответствии с частью 4 ст. 87 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» к таким случаям относятся:

- приватизация предприятий;
- банкротство или ликвидация юридического лица;
- банкротство или прекращение деятельности индивидуального предпринимателя.

Экологический аудит может проводиться и в иных случаях, установленных законодательными актами Республики Беларусь. Обязательным для проведения экологического аудита является условие вредного воздействия на окружающую среду в процессе деятельности указанных лиц, под которым понимается любое прямое либо косвенное воздействие на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к отрицательным изменениям окружающей среды.

По словам В. Г. Игнатова, экологический аудит — это срез экологической ситуации, в которой находится предприятие перед принятием программы для создания системы экологического менеджмента [28].

Международная организация по стандартизации, наряду с продолжением разработки стандартов на количественные параметры и методы контроля компонентов окружающей среды (воздух, вода, почва), приняла комплекс международных стандартов на системы экологического управления (системы управления окружающей средой) — стандарты ISO серии 14 000 (1996).

Системы экологического управления, являясь составной частью общей организационно-управленческой системы предприятия, имеют много общего с системами управления качеством продукции. Это определяет значительное сходство методов управления качеством продукции и качеством окружающей среды, что отражается и в определенной общности стандартов ISO серии 14 000 и серии 9 000.

Стандарты ISO были разработаны с учетом оправдавшей себя концепции «глобального управления качеством», в соответствии

с которой одним из главных условий достижения требуемого качества продукции является создание надлежащей организационной структуры и распределение ответственности за обеспечение этого качества.

Комплекс стандартов ISO серии 14000 ориентирован, в отличие от других природоохранных стандартов, не на количественные характеристики и конкретные требования к воздействию хозяйствующего субъекта на окружающую среду (концентрации веществ, объемы выбросов, сбросов и отходов и др.), не на технологии, а на систему экологического управления (система экологически ориентированного управления на уровне хозяйственных комплексов (компаний или предприятий)).

Следование стандартам ISO серии 14000 предполагает обеспечение уменьшения вредного воздействия на окружающую среду на локальном, региональном, национальном, международном уровнях, так как дает возможность создать существенные полезные дополнения к государственной нормативной базе, определить важный компонент государственной экологической политики, улучшить показатели воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду, создать условия для повышения конкурентоспособности продукции, сделать более благоприятными условия международной торговли.

Международные стандарты серии ISO 14000 не заменяют собой установленные правовыми и нормативными государственными актами требования, а обеспечивают создание системы определения компаниями и предприятиями влияния на окружающую среду и выполнения законодательства страны.

Под **экологической сертификацией** понимается деятельность по подтверждению соответствия объектов оценки требованиям нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды [76]. Экологическая сертификация является одной из форм подтверждения соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

Объектами экологической сертификации являются:

- система управления окружающей средой;
- продукция;
- компетентность персонала в выполнении работ, услуг в области охраны окружающей среды;
- оказание услуг в области охраны окружающей среды.

Данный перечень носит открытый характер, и в него могут быть включены и иные объекты, в отношении которых в соответствии с законодательными актами Республики Беларусь об охране окружающей среды принято решение об оценке соответствия.

Основными задачами экологической сертификации являются: защита потребителей от приобретения (использования) товаров, работ и услуг, в том числе импортных, опасных для окружающей среды; предотвращение загрязнения окружающей среды при производстве, использовании и ликвидации (утилизации, переработки) всех видов продукции; обеспечение экологической безопасности оборудования, технологических процессов, производств и продукции; внедрение экологически безопасных технологических процессов, оборудования и производств; предотвращение ввоза в страну экологически опасных продуктов и технологий; интеграции экономики страны в мировой рынок; повышение конкурентоспособности отечественной продукции [34].

Экологическая сертификация носит добровольный характер и осуществляется по инициативе юридических и физических лиц на основе договора между заявителем и органом по сертификации. По результатам экологической сертификации заявитель получает экологический сертификат. Если объектом сертификации являлась продукция, то заявитель имеет право маркировать указанную в сертификате продукцию Знаком экологически чистой продукции.

Сертификация качества и экологического соответствия является в развитых странах доказательством способности предприятий управлять качеством и состоянием окружающей среды и создавать продукцию современного требуемого уровня, что существенным образом влияет на возможности ее сбыта на рынке.

Для инвентаризации вредных выбросов в атмосферу, сбросов неочищенных и очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты, а также твердых бытовых отходов введен экологический паспорт предприятий.

Экологический паспорт (ЭП) объекта или предприятия — это нормативно-технический документ, включающий все данные о потребляемых и используемых ресурсах всех видов (природных (первичных), переработанных (вторичных) и др.), а также определяющий все прямые влияния и воздействия на окружающую природную среду. ЭП представляет систему данных, выраженных через систему стандар-

тизованных показателей, отражающих уровень использования природных и других ресурсов и степень воздействия на основные компоненты природной среды — атмосферу, гидросферу, литосферу [76].

Первая часть экологического паспорта включает общие сведения о предприятии, используемом сырье, описание технических схем выработки основных видов продукции, очистки, данные о твердых и других отходах, а также сведения о наличии в стране и в мире технологий, обеспечивающих достижение наилучших показателей по охране природы. Вторая — содержит перечень планируемых мероприятий, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду (с указанием сроков их выполнения, объемов затрат, удельных и общих объемов выбросов вредных веществ до и после осуществления каждого мероприятия).

Цель экологической паспортизации заключается в установлении предельно допустимых вредных воздействий промышленных объектов и технологий на окружающую среду с учетом ее фоновое состояние (выбросов, стоков твердых бытовых отходов).

Задачи природоохранного паспорта:

- изучение последствий изменения состояния окружающей среды;
- рассмотрение общего объема выбросов по отношению к единице производственной продукции.

Перечни норм предельно допустимых концентраций вредных веществ (далее ПДК) постоянно меняются и расширяются в связи с появлением новых технологий, материалов, а также новых данных медико-биологических исследований, вскрывающих неизвестные вредные воздействия на живые организмы веществ, ранее считавшихся безвредными. При проведении паспортизации объектов или предприятий должны контролироваться и прослеживаться одни и те же вредные вещества, обнаруженные в почве и грунте, затем — в растениях и животных, а затем — попавшие в атмосферу и водную среду.

Основные отличия экологического паспорта от экологического контроля заключаются в том, что при проведении паспортизации кроме экологического контроля учитываются фоновые характеристики окружающей среды, климатические факторы, внештатные ситуации. Суммируя полученные материалы с помощью расчетов, производят сопоставление всех этих факторов и оценивают суммарные воздействия на окружающую среду.

ЭП разрабатывается за счет собственных средств предприятия по согласованию с санитарно-эпидемиологической службой и местными органами охраны природы, утверждается руководителем предприятия, несущим персональную ответственность, и регистрируется в Инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды. ЭП является не только исполнительным документом, одной из форм экологического контроля, но также служит информационной основой для паспортизации территорий и страны в целом. При разработке ЭП необходимы:

- согласованные и утвержденные основные показатели строительно-производственной, хозяйственной и иной деятельности, связанной с потреблением ресурсов и воздействиями на окружающую среду;

- разрешение на природопользование (отвод земель, недр, водопользование и др.);

- паспорта всех очистных систем и установок (воздухо-, газо- и водоочисток, канализационно-очистных и др.) по сбору и утилизации отходов;

- данные статистической отчетности по природо- и ресурсопользованию.

При составлении ЭП включаются следующие нормативные показатели:

- предельно допустимые стоки (ПДС), очищенные или неочищенные, сбрасываемые в поверхностные водные объекты, в системы централизованной канализации или на рельеф местности;

- предельно допустимые вредные воздействия (ПДВ) полей, излучений, физико-механических (тепловых, шумовых, электромагнитных, радионуклидов, механического разрушения поверхности литосферы, недр, изменения гидрологических, гидрохимических условий и т. д.), а также инвентаризация источников воздействий и загрязнений среды.

ЭП предприятия или объекта включает следующие разделы:

- титульный лист;

- общие сведения о предприятии и его реквизиты;

- краткую природно-климатическую характеристику района расположения предприятия;

- краткое описание технологии производства и сведения о продукции, балансовую схему материальных потоков;

- сведения об использовании земельных ресурсов;

- характеристику сырья, используемых материальных и энергетических ресурсов;
- характеристику выбросов в атмосферу;
- характеристику водопотребления и водоотведения;
- характеристику отходов;
- сведения о рекультивации земель;
- сведения об эколого-экономической деятельности предприятия.

Существует следующая последовательность паспортизации:

- 1) установление фонового загрязнения поверхностных вод и атмосферы, устойчивости ландшафта;
- 2) составление матрицы для каждого вида технологического процесса, в которой определены элементарные операции;
- 3) составление корреспондирующей матрицы нормо-комплексов машин, механизмов и оборудования, необходимых для реализации элементарных технологических операций;
- 4) составление основной матрицы воздействия элементарных технологических операций на окружающую среду (по каждому нормативному показателю);
- 5) суммирование показателей воздействия элементарных технологических операций.

В дальнейшем полученная интегральная характеристика воздействий на окружающую среду сравнивается с ее фоновым состоянием в конкретном геофизическом пункте. При превышении уровня ПДК, ПДВ, ПДН (предельно допустимых нагрузок), ПДС ставится вопрос о замене технологии.

На основании сравнения видов и уровней воздействий элементарных операций и технологий предприятия в целом на окружающую среду делается вывод о его экологической безопасности.

Вышеперечисленные виды деятельности позволяют избежать нарушения экологического равновесия и обеспечить экологическую безопасность.

1.6 Нормирование качества окружающей среды

Стандарты качества окружающей среды — это совокупность единых требований к состоянию природных и промышленных объектов, предусматривающих меры, позволяющие обеспечить оптимальное

состояние окружающей среды, ее качество, состоящие из технических, экономических, организационных норм, определяющих качественные параметры окружающей среды.

В качестве критериев оценки состояния окружающей среды служат показатели естественного ненарушенного состояния природных комплексов или фоновые параметры среды.

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы ПДК химических веществ;
- нормативы предельно допустимых физических воздействий;
- нормативы содержания микроорганизмов.

Нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на окружающую среду устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерством здравоохранения Республики Беларусь и иными ведомствами в соответствии с их компетенцией и, как правило, закреплены в санитарных правилах [34].

В настоящее время массив нормативов качества окружающей среды весьма значителен: более 500 нормативов ПДК химических веществ, более 1 600 — для водных объектов хозяйственно-питьевого и бытового назначения, более 100 — для почв. Некоторые ПДК приведены в приложении А.

Нормативные показатели, характеризующие меру возможного воздействия на природу, устанавливают на основе гигиенических критериев: для химических загрязнителей это ПДК, для физического загрязнения — предельно допустимые уровни (ПДУ). За предельно допустимые принимают такие концентрации химических веществ и уровни интенсивности физических полей, которые не вызывают каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами, не нарушают биологического оптимума для человека.

Для веществ, недостаточно изученных с помощью упрощенных процедур, временно устанавливаются ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и допустимые уровни (ОДУ) [59].

На первом этапе установления ПДК определяются основные токсикометрические характеристики исследуемых веществ, и фактически установленные в результате экспериментов нормативы считаются временно допустимыми концентрациями. На втором этапе эти исследования продолжаются и носят проверочный характер,

а на третьем — осуществляются клинико-статистические исследования работающих в течение трех лет для проверки правильности полученных в экспериментах на животных значений. Только после второго этапа полученные нормативы могут быть утверждены в качестве ПДК [6].

Санитарно-гигиенические показатели устанавливаются исходя из требований экологической безопасности населения, но они не учитывают реакции других организмов на загрязнение. Поэтому для оценки состояния природной среды используют также экологические критерии, которые рассматриваются как мера антропогенного воздействия на экосистемы и ландшафты. К ним относятся индикаторы состояния воздуха, вод, почв и биогеоценотического покрова в целом, биоиндикаторы. Сочетание разнообразных критериев дает возможность получить комплексную оценку экологической ситуации. Существуют различные подходы к решению данной задачи, но в целом поиск комплексных показателей состояния окружающей среды остается сложной и до конца не решенной задачей.

Показатели ПДК дополняются расчетом суммарных показателей: индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), индекса загрязнения воды (ИЗВ), суммарного показателя загрязнения почв (Zc).

Загрязнением атмосферы называется изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примесей. Загрязнение, обусловленное деятельностью человека, называется *антропогенным загрязнением*. Под *примесью* понимается рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе. Таким образом, к примесям могут относиться не только токсичные, но и нетоксичные вещества.

Для каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, установлены три норматива:

1) максимальная разовая предельно допустимая концентрация за 20 минут измерения (осреднения) ПДК_{м.р.}, мг / м³;

2) среднесуточная предельно допустимая концентрация, осредненная за длительный промежуток времени (вплоть до года) — ПДК_{с.с.}, мг / м³;

3) предельно допустимая концентрация вредного вещества в рабочей зоне ПДК_{р.з.}, мг / м³. При такой концентрации вещество не должно оказывать на работающего при ежедневном вдыхании в течение 8 часов каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья.

ПДК вредного вещества в атмосфере — это максимальная концентрация, отнесенная к определенному периоду осреднения (20—30 минут, 24 часа, месяц, год), не оказывающая ни прямого, ни вредного косвенного воздействия на человека и санитарно-гигиенические условия жизни.

При действии на организм одновременно нескольких вредных веществ, обладающих суммарным действием, сумма отношений фактических концентраций каждого вещества (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе и его предельно допустимой концентрации (ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n) не должна превышать единицу: $C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1$.

Гигиеническое нормирование сталкивается с существенными затруднениями организационного, технического и физиологического характера. Экологическая ниша человека неизменна, поэтому условие — концентрация загрязняющего вещества должна быть меньше или равна ПДК — должно соблюдаться в любых местах пребывания человека. Это означает, что для каждого вредного вещества устанавливается несколько максимальных разовых предельно допустимых концентраций в воздушной среде.

Для регулирования качества окружающей среды введен и строго контролируется предельно допустимый выброс (ПДВ), являющийся научно обоснованной технической нормой выброса вредных веществ из промышленных источников в атмосферу, определяемой на основе различных параметров источников, свойств выбрасываемых веществ и атмосферных условий.

Загрязнением водных объектов называется любое отрицательное действие (нарушение или ухудшение условий водопользования), вызванное поступлением или появлением в водном объекте веществ, связанных прямо или косвенно с деятельностью человека.

Различают три вида загрязнений:

1) первичное загрязнение — вызванное поступлением загрязняющих веществ и процессами непосредственного их превращения. В цикле первичного загрязнения могут появляться вторичные и последующие загрязняющие вещества;

2) вторичное загрязнение развивающееся как следствие первичного загрязнения и представляющее собой новый цикл загрязнения;

3) повторное загрязнение — вызванное повторным выносом загрязняющих веществ вследствие первичного загрязнения. Например, вынос осевших на дно или вмержших в лед нефтепродуктов во время паводка или таяния льда.

Источники загрязнения водных объектов могут быть организованными, с локализованным местом поступления и устройствами для сброса (хозяйственно-бытовые стоки, промышленные сточные воды), неорганизованными, не имеющими локализованного места сброса и устройств или приспособлений для сброса (смывы удобрений с полей, заносы пестицидов при авиаобработках), полуорганизованные, имеющие одно из двух перечисленных условий (смывы с территорий складов, предприятий транспорта и др.).

По времени действия загрязнение водных объектов может быть постоянным (поступающим в течение всей вегетационной части года), периодическим (водный объект не успевает восстанавливать свои свойства в промежутках между поступлением загрязняющих веществ) и разовым (водный объект успевает восстанавливаться).

Интенсивность прямого действия загрязняющих веществ оценивается следующими параметрами:

- остролетальными концентрациями, вызывающими гибель живых организмов в течение нескольких часов до 10 суток;
- хроническими летальными концентрациями, вызывающими гибель живых организмов в более длительные сроки;
- сублетальными концентрациями (угнетающими), нарушающими основные жизненные функции — рост, размножение, обмен веществ;
- стимулирующими концентрациями;
- недействующими концентрациями.

Характер влияния загрязняющих веществ на водный объект и водные организмы подразделяются на три основные группы, которые принято называть лимитирующими показателями вредности (ЛПВ):

1) общесанитарный — включающий в себя изменение трофии водных объектов, снижение концентрации растворенного кислорода, изменение солености и температуры среды, механическое загрязнение твердыми и жидкими веществами;

2) токсикологический отражает прямое токсическое действие веществ на водные организмы;

3) хозяйственный (рыбохозяйственный) показывает порчу товарного качества промысловых водных организмов.

Существует две группы нормативов для загрязняющих веществ, поступающих в водную среду:

- 1) нормативы поступления;
- 2) нормативы содержания.

ПДК устанавливается по наименьшей пороговой концентрации с учетом следующих факторов действия: стабильности вредных веществ в воде, влияния их на санитарный режим (способность к самоочищению) водных объектов, влияния на органолептические свойства воды, влияние на здоровье населения, использующего воду. Указанные показатели носят санитарно-гигиенический характер. Существует еще один вид ПДК, отражающий не только санитарно-гигиенические требования к качеству воды, но и экологические — ПДК_{р.в.} (рыбохозяйственных водных объектов).

Рыбохозяйственная ПДК — это такая максимальная концентрация загрязняющего вещества, при постоянном наличии которой в водном объекте, не наблюдается отрицательных последствий для его рыбохозяйственного использования. Следует учитывать, что загрязняющие вещества в водных объектах не всегда присутствуют постоянно. В этом случае используют значения предельно допустимых разовых концентраций (ПДРК). Это такая максимальная первоначально созданная в водном объекте концентрация однократно попадающего туда вещества, при которой это вещество и вредные продукты его распада не вызывают отрицательных последствий для рыбохозяйственного использования водного объекта.

Рыбохозяйственное нормирование включает в себя следующие аспекты: оценку влияния вещества на гидрохимический режим водного объекта (концентрация растворенного в воде кислорода, БПК₅ и БПК₂₀, изменение содержания трех форм азота — ионов аммония, нитритов и нитратов), на кормовую базу рыб (водоросли, зоопланктон и бентос), микроорганизмы, рост и развитие рыбы (икру, молодь и взрослых особей), ее товарные качества, а также оценку скорости разрушения загрязняющего вещества.

По степени опасности загрязняющие вещества подразделяются на:

- 1) особоопасные (ПДК с содержанием загрязняющих веществ менее 0,0001 мг/л), предусматривающие отсутствие вредного вещества в воде;

- 2) опасные (токсичные, но стабильные), лимитирующиеся по ПДК;
- 3) токсичные (стабильные и не накапливающиеся);
- 4) экологические, лимитирующиеся по общесанитарному ЛПВ.

Вторым нормируемым показателем, используемым для охраны водной среды от загрязнений, является предельно допустимый сброс (ПДС). В соответствии с государственным стандартом, под

предельно допустимым сбросом веществ в водный объект понимается масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

ПДС устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды. При сбросе веществ с одинаковыми ПДК ПДС устанавливается так, чтобы с учетом примесей, поступивших водоем или водоток от вышерасположенных выпусков, сумма отношений концентраций каждого вещества в водном объекте к соответствующим ПДК не превышала единицы.

Проекты ПДС разрабатываются и утверждаются для предприятий и организаций, имеющих или проектирующих самостоятельные выпуски сточных вод в водные объекты, прежде всего в зонах повышенного загрязнения в целях соблюдения ПДК в контрольных створах водопользования. Утверждаются проекты ПДС территориальными органами Министерства окружающей среды природных ресурсов природы. Величины ПДС действительны только на установленный период, после чего подлежат пересмотру.

Контроль за санитарным состоянием почвы включает проведение санитарно-физико-химических, санитарно-энтомологических, санитарно-гельминтологических, санитарно-бактериологических и вирусологических исследований.

Санитарно-гигиеническое нормирование учитывает четыре показателя:

- 1) транслокационный (переход загрязняющих веществ из почвы в растения через корневую систему);
- 2) миграционный водный;
- 3) миграционный воздушный;
- 4) общесанитарный (влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность).

Загрязненность почвы органическими веществами, в частности отходами производств химических продуктов из углеводородов нефти и газа, оценивают по комплексному показателю «санитарное число», представляющему собой отношение количеств почвенного белкового и органического азота (табл. 1.4).

Т а б л и ц а 1.4 — Оценка состояния почвы

Характеристика почвы	Санитарное число
Чистая	0,98—1,00
Слабо загрязненная	0,85—0,98
Загрязненная	0,70—0,80
Сильно загрязненная	Менее 0,70

Нормирование содержания вредных веществ в почве предполагает установление таких концентраций, при которых содержание вредных веществ в контактирующих средах не превышает ПДК для водного объекта и воздуха, а в выращиваемых культурах — допустимых остаточных количеств. Исследования проводят в лабораторных условиях с модельными почвами и растениями, а полученные результаты уточняют в полевом эксперименте или в натуральных условиях.

Критерии выделения ПДК в почвах не разработаны, так как эти нормы определяются не только химической природой вещества и его токсичностью, но и особенностями самих почв [13].

По степени опасности вещества, загрязняющие почву, подразделяют на три класса:

- 1) высокоопасные;
- 2) умеренно опасные;
- 3) малоопасные.

Особое внимание уделяется тем соединениям, которые могут мигрировать в атмосферу, грунтовые и поверхностные воды или накапливаться в растениях. Это, например, тяжелые металлы, пестициды, нитраты, радионуклиды, токсины микроорганизмов.

1.7 Кадастры природных ресурсов

Для учета природных ресурсов и решения различных государственных задач законодательством предусматривается создание и ведение государственных кадастров природных ресурсов.

В более общем смысле понятие «**кадастр**» означает систематизированный свод сведений, составляемый путем периодических или непрерывных наблюдений над объектом. Важнейшими призна-

ками кадастра являются также периодичный или непрерывный характер наблюдений за объектами кадастров.

Необходимым признаком кадастра являются способы оформления. В силу исторически сложившейся практики кадастрового учета сведения кадастров могут быть оформлены печатным текстуальным и графическим способами с последующим объединением этой кадастровой информации соответственно в книгах, журналах, банках данных, других информационных источниках.

Природоресурсовый кадастр представляет собой систему сведений о природном и хозяйственном положении природного объекта, его качественных и количественных характеристиках (применительно к разным объектам они могут быть различны — километры, тонны и т. д.), об учете и оценке, иных необходимых сведениях.

Практика ведения кадастров насчитывает много веков, например, земельный кадастр исторически восходит к системе государственного учета земель в Древнем Риме [59].

В Республике Беларусь установлены следующие Государственные кадастры природных ресурсов:

- земельный;
- водный;
- атмосферного воздуха;
- недр;
- животного мира;
- растительного мира;
- торфяного фонда;
- отходов;
- лесной;
- антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов;
- климатический.

Как видно из перечня, Государственные кадастры не ведутся применительно ко всем природным ресурсам. Исходя из особенностей учета, различных методик, физических свойств природных объектов, их хозяйственных функций, выполняемых ими задачи, разнородных форм ведение единого природного кадастра на данном этапе природопользования невозможно, да и не целесообразно.

При ведении природоресурсовых кадастров можно отметить ряд специфических моментов:

во-первых, кадастр представляет собой не просто свод сведений о природном объекте, а систему сведений, которая позволяет, используя различные формы и методы кадастрового учета, создать полную и объективную «картину» о состоянии природного объекта;

во-вторых, кадастровый процесс представляет собой определенную процедуру, в которую вовлечены государственные органы, наделенные определенными правами, а также природопользователи, на которых возлагается ряд обязанностей по предоставлению кадастровых данных;

в-третьих, любое управленческое решение в области природопользования (предоставить или изъять природный объект, установить ставку налога или размер штрафа, предоставить льготы) базируется на данных кадастрового учета.

Государственный земельный кадастр Республики Беларусь представляет собой совокупность сведений и документов о правовом положении, природном состоянии и хозяйственном использовании земель и предназначен для реализации земельного законодательства, регулирования земельных отношений, управления земельными ресурсами, проведения землеустройства, оценки и планирования хозяйственной деятельности землепользователей, землевладельцев и собственников земли, осуществления других мероприятий, связанных с использованием и охраной земли. Данные государственного земельного кадастра используются при установлении прав на земельные участки, совершении сделок с ними, определении стоимости и размеров платежей за землю.

Государственный земельный кадастр состоит из единого реестра административно-территориальных и территориальных единиц Республики Беларусь, регистра земельных участков, реестра цен на земельные участки, регистра стоимости земельных участков и реестра земельных ресурсов Республики Беларусь. Единый реестр административно-территориальных и территориальных единиц Республики Беларусь содержит данные о наименовании, размерах и границах административно-территориальных и территориальных единиц, их центров. Регистр земельных участков содержит данные об их местоположении, размерах, границах, целевом назначении, сервитутах и иных ограничениях в использовании земельных участков, а также сведения о правах на эти участки и сделках с ними. Реестр цен на земельные участки содержит сведения о ценах на земельные

участки и на объекты недвижимости, находящиеся на этих участках, зафиксированных на момент совершения сделок с этими участками. Регистр стоимости земельных участков содержит сведения о стоимости земельных участков, полученные при проведении их оценки. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь содержит данные о распределении земель по категориям, землевладельцам, землепользователям и видам земель, составе, структуре, состоянии, качестве и хозяйственном использовании земельного фонда республики в разрезе административно-территориальных единиц, другие необходимые сведения.

Ведение государственного земельного кадастра обеспечивается проведением геодезических и картографических работ, почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий, инвентаризацией и оценкой земель, осуществлением государственного кадастрового учета земельных участков, регистрацией прав на земельные участки и другими землеустроительными мероприятиями. Уполномоченными органами ответственными за ведение государственного земельного кадастра является Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь. При составлении земельного кадастра обобщаются данные по областям и по республике в целом. Сборник «Государственный земельный кадастр Республики Беларусь» предоставляется по списку: Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минприроды), Министерству сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (Минсельхозпрод), Министерству экономики Республики Беларусь (Минэкономики), Министерству статистики и анализа Республики Беларусь (Минстат), Министерству финансов Республики Беларусь (Минфин), районным и областным исполнительным и распорядительным органам и др. Отдельные информационные блоки ежегодно публикуются в экологическом бюллетене «Состояние природной среды Беларуси». Один раз в 5 лет издается справочник «Земля Беларуси».

Государственный водный кадастр Республики Беларусь содержит систему необходимых сведений и документов о количестве и качестве вод, а также об их использовании на территории республики. Данные водного кадастра необходимы для:

– учета водного фактора при размещении промышленных предприятий;

- составления схем использования и охраны водных ресурсов;
- проектирования водохозяйственных и иных сооружений, связанных с использованием вод;
- развития международного сотрудничества в области использования и охраны водных ресурсов;
- регулирования взаимоотношений водопользователей;
- разработки водно-экологических мероприятий, а также мероприятий по предупреждению и ликвидации вредного воздействия вод;
- осуществления государственного контроля за рациональным использованием и охраной водных ресурсов;
- нормирования водопотребления и установления экологических требований к сбросу сточных вод и загрязняющих веществ в водные источники;
- прогнозирования изменения гидрологических и экологических условий, водности рек и качества вод.

Государственный водный кадастр Республики Беларусь состоит из кадастров: поверхностных вод, подземных вод и использования водных ресурсов.

Кадастр поверхностных вод содержит сведения о реках, каналах, озерах, водохранилищах и прудах, о пунктах и периодах наблюдения за гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим режимами водных объектов, об изменениях гидрографической сети под влиянием хозяйственной деятельности, а также включает гидрографические и морфометрические характеристики водных объектов и их водосбросов, материалы ежегодных стандартных наблюдений за уровнем и температурой воды, стоком воды и наносов, толщиной льда, теплозапасами водоемов, химическим и биологическим составом воды.

Кадастр подземных вод содержит сведения об эксплуатационных запасах и прогнозных ресурсах, пунктах наблюдения (скважинами, родниками, шахтными колодцами), данные наблюдений за режимом (уровнем, температурой, качеством, отбором), химическим и биологическим составом подземных вод.

Кадастр использования водных ресурсов содержит сведения о местоположении и основных параметрах водозаборов, сбросов сточных вод, очистных сооружений, водохранилищ и прудов, об использовании воды без ее изъятия из источника (рекреация, рыбное хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика), включает

ежегодные данные о заборах и сбросах воды по количественным и качественным показателям (данные статистической отчетности водопользователей и гидрохимических анализов сточных вод), режиме работы крупных водозаборов и водохранилищ, сведения об орошаемых, осушаемых, а также увлажненных площадях.

Первичный учет использования вод осуществляется водопользователями за счет собственных средств с последующим представлением органам Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды в установленном порядке необходимой отчетности.

Государственный водный кадастр Республики Беларусь ведет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС (вопросы кадастра поверхностных вод), Белорусским производственным объединением по геологоразведочным работам (вопросы кадастра подземных вод) и Министерством здравоохранения.

Государственный кадастр атмосферного воздуха Республики Беларусь содержит свод необходимых сведений и документов о состоянии воздушного бассейна республики.

Кадастр атмосферного воздуха предназначен для обеспечения государственных органов и заинтересованных юридических лиц сведениями, необходимыми для:

- учета фактора загрязнения атмосферного воздуха при размещении промышленных предприятий;
- проектирования объектов народного хозяйства и автомобильных дорог с условием рационального использования и сохранения чистоты атмосферного воздуха;
- развития международного сотрудничества в области обеспечения чистоты воздушного бассейна;
- разработки и проведения экологических мероприятий, медико-биологических экспертиз, направленных на предупреждение и ликвидацию вредного воздействия атмосферы на состояние здоровья человека;
- анализа и прогнозирования изменения экологических условий и параметров состояния атмосферы;
- организации эффективной системы государственного контроля;
- нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, осуществляемых стационарными и передвижными источниками;

- определения количественных и качественных характеристик загрязняющих атмосферу веществ, подлежащих оперативному контролю;
- определения зон нарушения стандартов качества воздуха и причин, вызывающих нарушение этих стандартов;
- расчета фактических и ожидаемых единичных и комплексных показателей загрязнения атмосферы.

Кадастр атмосферного воздуха ведется по единой для республики системе и обеспечивает: проведение сбора, анализа и обобщения данных; постов наблюдений о метеорологических параметрах и концентрациях примесей в местах отбора проб воздуха; ежегодной статистической отчетности субъектов хозяйствования об охране атмосферного воздуха, о мероприятиях, снижающих объемы вредных выбросов, о качественном и количественном составе выбросов по каждому источнику загрязняющих атмосферу веществ.

Субъекты хозяйствования, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих атмосферу веществ, осуществляют их учет за счет собственных средств.

Кадастр атмосферного воздуха ведет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, Министерством по статистике и анализу, Министерством здравоохранения.

Государственный кадастр недр Республики Беларусь ведется для учета результатов работ, связанных с пользованием недрами, в целях обеспечения разработки республиканских и региональных программ геологического изучения недр, комплексного использования месторождений полезных ископаемых, рационального размещения предприятий по их добыче, а также в других целях и состоит из государственного кадастра полезных ископаемых и государственного кадастра участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Данный кадастр ведется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и республиканским органом государственного управления по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике в соответствии с их компетенцией в порядке, определяемом Советом Министров Республики Беларусь.

Государственный кадастр полезных ископаемых ведется по месторождениям и проявлениям полезных ископаемых и должен содер-

жать по каждому месторождению и проявлению полезных ископаемых сведения, характеризующие местоположение, количество и качество основного и совместно с ним залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов, горнотехнические, гидрогеологические и другие условия их разработки, а также их экономическую и экологическую оценку. Государственный кадастр участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, ведется по участкам недр, естественным и техногенным пустотам, предназначенным для использования в народном хозяйстве, и содержит их природно-физические и пространственно-объемные характеристики, сведения об их социально-экономической ценности и о возможных направлениях использования.

Государственный кадастр животного мира Республики Беларусь содержит систему необходимых сведений и документов о пространстве, биологическом состоянии, численности, характере и интенсивности хозяйственного использования видов (групп видов) диких животных, постоянно или временно обитающих на территории республики в условиях естественной свободы, в неволе или полувольном состоянии, а также основные данные об условиях существования этих животных, проводимых биотехнических, охранных и других мероприятиях.

Государственный кадастр животного мира Республики Беларусь предназначен для обеспечения государственных органов и заинтересованных юридических лиц сведениями о состоянии животного мира в целях сохранения его биологического разнообразия, разработки мер по охране, рациональному использованию и воспроизводству диких животных, регулированию численности их отдельных видов (групп видов), а также сохранению и увеличению численности редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Государственный кадастр животного мира Республики Беларусь ведется по единой для республики системе по следующим систематическим группам животных: млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся, земноводные, рыбы, беспозвоночные. Ведение кадастра обеспечивается государственным учетом животных и отчетностью субъектов хозяйствования, осуществляющих пользование животным миром.

Основной кадастровой документацией по животному миру являются:
– государственный кадастр животного мира Республики Беларусь;

- книга генетического фонда Республики Беларусь;
- кадастровая книга охотничьих и промысловых животных;
- кадастровая книга промысловых рыб и водных беспозвоночных животных;
- сельскохозяйственная кадастровая книга беспозвоночных животных;
- лесная кадастровая книга беспозвоночных животных;
- кадастровая книга редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных;
- кадастровая книга паразитических организмов;
- книга особо значимых видов животных;
- годовые отчеты субъектов хозяйствования — пользователей животного мира;
- материалы контрольных учетов численности животных.

Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь предназначен для обеспечения государственных органов и юридических лиц информацией, необходимой для рационального использования растительных ресурсов, оценки влияния на них хозяйственной деятельности, контроля и охраны. В настоящее время ведутся работы по сбору информации. В кадастр будут включены сведения и документы о распределении объектов растительного мира по категориям земель и видам угодий, землевладельцам, землепользователям и собственникам; распространении дикорастущих растений, грибов, природных растительных сообществ и растительных насаждений, площадях, запасах, количественной и качественной характеристике, народнохозяйственной и научной ценности, экономической оценке природных растительных ресурсов и объектов.

Государственный кадастр растительного мира позволит создать эффективную и качественно новую систему учета и рационального использования растительных природных ресурсов в нашей стране. В нем будут подсчитаны запасы и стоимость каждого вида растительного сырья по районам республики, а на все объекты растительного мира, подлежащие охране, планируется составить специальные паспорта, что обеспечит их эффективную охрану. Создание кадастра предусмотрено Законом Республики Беларусь «О растительном мире».

Государственный кадастр торфяного фонда Республики Беларусь содержит систему необходимых сведений и документов о тор-

фяных ресурсах, количестве и качестве запасов торфа, горнотехнических, гидрологических и геоэкологических условиях залегания и разработки торфяных месторождений, их геоэкологическую оценку, а также о правовом режиме использования и охраны этих месторождений. Государственным кадастром торфяного фонда учитываются и отложения сапропеля под торфяной залежью.

Государственный кадастр торфяного фонда предназначен для обеспечения государственных органов и заинтересованных юридических лиц сведениями о месторождениях, запасах торфа и сапропеля в целях рационального, экологически обоснованного их использования в промышленности, сельском хозяйстве, для лечебных нужд, обоснования размеров платы за использование этих ресурсов, организации охраны торфяных месторождений.

Объектами учета государственного кадастра торфяного фонда являются торфяные месторождения площадью не менее 1 га (в границах промышленной глубины торфяной залежи).

Государственный кадастр торфяного фонда ведет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Национальной академией наук Республики Беларусь.

Государственный кадастр отходов Республики Беларусь представляет собой систематизированный свод данных по учету отходов.

Государственный лесной кадастр Республики Беларусь содержит сведения об экологических, экономических и иных количественных и качественных характеристиках лесного фонда. Данные государственного лесного кадастра используются при государственном управлении лесным хозяйством, организации его ведения, переводе земель лесного фонда в другие категории земель в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и лесопользованием, а также при изъятии и предоставлении земельных участков, относящихся к землям лесного фонда, определении размеров платежей за пользование лесным фондом, возмещении вреда лесохозяйственного производства, оценке хозяйственной деятельности лесопользователей и юридических лиц, ведущих лесное хозяйство.

Государственный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов содержит количественные данные о выбросах и поглощении парниковых газов начиная с базового 1990 г. и ведется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

1.8 Рациональное использование и охрана ресурсов

Атмосферные ресурсы

Атмосфера имеет массу около $5,51 \cdot 10^{15}$ т. Масса 1 м^3 сухого воздуха, если его взвесить на уровне моря при температуре 0°C , равна 1,3 кг. Вверху давление воздуха и его масса уменьшаются, например, на высоте 20 км масса 1 м^3 воздуха составляет всего 43 г, а на высоте 40 км — 4 г.

Атмосфера на разных высотах имеет разный химический состав, неодинаковы и физические свойства различных высотных слоев атмосферы. Исходя из химического состава и температурных показателей атмосферу делят на несколько слоев или сфер: тропосферу, стратосферу, мезосферу, ионосферу (термосферу) и экзосферу.

Непосредственно к земной поверхности примыкает тропосфера, которая простирается до 10 км высоты над полюсами и до 18 км над экватором. В этом слое идет непрерывное интенсивное перемешивание воздуха как по горизонтали, так и по вертикали, что приводит к понижению его температуры с высотой примерно до $6\text{--}6,5^\circ\text{C}$ на 1 км. В тропосфере сконцентрировано более 75% всей массы атмосферного воздуха, основное количество водяного пара и мельчайших частиц примесей, способствующих образованию облаков. Это своеобразная «кухня погоды». Верхней границей тропосферы является тропопауза — область, в которой температура перестает понижаться. В среднем она располагается на высоте 11 км.

Выше тропопаузы, примерно до 50 км в высоту, простирается стратосфера, характеризующаяся несколькими признаками: слабыми воздушными потоками, малым количеством облаков и постоянством температуры (-56°C) до высоты примерно 25 км. Выше температура начинает повышаться (в среднем на $0,6^\circ\text{C}$ на каждые 100 м) и на уровне переходного слоя — стратопаузы (46—55 км) — достигает 0°C .

На высоте 55—80 км располагается мезосфера, в которой температура при удалении от поверхности Земли понижается в среднем на $2\text{--}3^\circ\text{C}$ на 1 км. На высоте 80 км в переходном слое (мезопаузе) температура может достигать -90°C . Термосфера располагается на высоте 80—1 000 км, а экзосфера — 1—2 тыс. км.

Атмосфера играет огромную роль в жизни планеты, так как регулируя тепловой режим Земли, способствует перераспределению

тепла по земному шару, предохраняет его от чрезмерного остывания и нагревания. Благодаря этому на Земле не бывает резких переходов от мороза к жаре и обратно. Если бы Земля не была окружена воздушной оболочкой, то в течение только одних суток амплитуда колебаний температуры поверхности нашей планеты достигала бы 200°C: днем стояла бы сильнейшая жара (более +100°C), а ночью — мороз (около –100°C). Еще большая разница была бы между зимними и летними температурами. Благодаря воздушной оболочке средняя температура Земли составляет около 15°C.

Атмосфера определяет и световой режим Земли, регулируя поступление солнечного света. Достигая поверхности Земли энергия Солнца частично поглощается почвой и водой, частично отражается в атмосферу. Воздух разделяет солнечные лучи на миллионы мелких лучей, рассеивает их и создает то равномерное освещение, к которому привыкли за миллионы лет эволюции живые организмы, в том числе и человек. Наличие воздушной оболочки, ее химические и физические свойства придает небу Земли голубой цвет. Это связано с тем, что молекулы основных газов и различные примеси, содержащиеся в воздухе, рассеивают главным образом лучи с короткой длиной волны, т. е. фиолетовые, синие, голубые. Из-за количества и размеров примесей в атмосфере, интенсивности солнечного света и других причин цвет неба может меняться.

Атмосфера выполняет чрезвычайно важную роль перераспределения влаги на земном шаре, обеспечивая геологический круговорот в биосфере.

Воздух — это своеобразный щит, который защищает все живое на Земле от губительных ультрафиолетовых, рентгеновских и других космических лучей. Верхние слои атмосферы частично поглощают, частично рассеивают эти лучи.

Атмосфера защищает и от космических объектов, достигающих нашей планеты. Размеры метеоритных тел в подавляющем большинстве не превышают величины горошины. Под влиянием земного притяжения со скоростью от 11 до 64 км / с они врезаются в атмосферу, раскаляются за счет трения о воздух и на высоте около 60—70 км большей частью сгорают, и лишь некоторые достигают поверхности земли.

Атмосфера является той средой, где распространяются звуковые волны, используемые различными организмами для коммуникации. Являясь источником кислорода (для дыхания) и углекислого газа

(для процесса фотосинтеза), атмосферный воздух выступает основным источником азота для растительных организмов.

В своей жизнедеятельности воздушная среда используется человеком в самых разных сферах: для перемещения, как источник азота, для производства минеральных удобрений, в рекреационных и медицинских целях и т. п.

Бурное развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства привело к глобальному загрязнению воздуха, который порой тяжело использовать как ресурс даже для дыхания. В связи с этим необходимо реализовать ряд основных мер, направленных на «оздоровление» атмосферы.

Меры по рациональному использованию и охране атмосферы:

1. Использование очистных сооружений для воздуха на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях и транспорте (пылеуловители, нейтрализаторы, различные фильтры и т. п.).

2. Экологически грамотное архитектурное планирование (учет направления ветра, близости жилого сектора, естественных экологически ценных экосистем и т. д.).

3. Вывод экологически опасных промышленных предприятий (химических, металлургических и др.) за черту населенных пунктов с целью сокращения выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду городов и поселков.

4. Создание вокруг предприятий буферных зеленых зон, задерживающих основную массу загрязняющих веществ и предотвращающих шумовое загрязнение.

5. Переход на более экологически безопасные виды топлива (природный газ и т. п.).

6. Использование альтернативных источников энергии (энергия Солнца, ветра и т. д.).

7. Использование безотходных и малоотходных технологий.

8. Озеленение антропогенных территорий, расширение площади и охрана зеленых насаждений.

9. Борьба с несанкционированными выбросами отходов в воздушную среду (с загрязнением атмосферы).

10. Запрещение производства и использования фреонов.

11. Ограничение использования углеродного топлива.

12. Мониторинг экологического состояния воздушной среды.

Водные ресурсы

Вода — это основа всей жизни на Земле. В жизни биосферы она имеет огромное значение, являясь самым распространенным веществом на планете. Объем воды на Земле приблизительно равен 1 500 млн км³, что составляет 1/800 часть объема земного шара. Общая масса воды оценивается колоссальной цифрой — более 15 · 10¹¹ т. Основное количество воды, более 98%, сосредоточено в морях и океанах, 1,24% представлено льдами полярных областей и гор, в пресных водах количество воды не превышает 0,45%.

В природе вода находится в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Водяной пар, находящийся в атмосфере, пропускает большую часть солнечных лучей и задерживает тепловое излучение Земли в мировое пространство, регулирует тепловой баланс планеты. Накопление тепла в гидросфере летом и отдача его зимой смягчает климат Земли.

Вода разрушает горные породы, растворяет неорганические соединения и переносит их на большие расстояния, играет одну из основных ролей в геологическом и биологическом круговоротах в биосфере, является хорошим растворителем, единственным источником кислорода, поступающего в атмосферу при фотосинтезе, входит в состав всех клеток и тканей живых организмов. Большинство биохимических и биофизических процессов, связанных с обменом веществ в живых организмах, могут протекать только при наличии водной среды. У многих живых организмов вся жизнь или отдельные ее стадии протекают в данной среде.

Вода играет огромную роль и в жизни человека. Если без пищи человек может существовать 30—50 суток, то без воды смерть наступает через пять дней или при потере 10—20% воды организма. У взрослого человека вода составляет больше половины массы тела. Суточная потребность организма взрослого человека в жидкости составляет около 2,5 л. Часть потребляемой нами воды содержится в пище, часть образуется непосредственно в организме в процессе обмена при распаде белков, жиров и углеводов (эндогенная вода). Так, при окислении 100 г жиров образуется 107 мл, 100 г углеводов — 55 мл воды.

Вода — один из важнейших факторов, определяющих размещение поселений человека на планете. Это важнейшее средство про-

изводства, используемое во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, а также в бытовых целях.

В условиях бурного развития промышленности, интенсификации сельского хозяйства, расширения площади орошаемых земель, а также улучшения культурно-бытовых условий жизни людей значительно растут водопотребление и другие формы использования водных ресурсов. На производство 1 т хлопчатобумажной ткани фабрики расходуют около 250 м^3 воды, на производство 1 т синтетического волокна — $2\,500$ — $5\,000 \text{ м}^3$. На производство 1 т аммиака затрачивается около $1\,000 \text{ м}^3$ воды, 1 т синтетического каучука — $2\,000 \text{ м}^3$. Весьма водоемка цветная металлургия: для выплавки 1 т никеля необходимо $4\,000 \text{ м}^3$ воды [47].

Огромное количество воды потребляют современные крупные теплоэлектростанции. Станция мощностью в 300 тыс. кВт расходует до $120 \text{ м}^3 / \text{с}$ воды, или более 300 млн м^3 в год.

Морские и пресные воды являются местом добычи рыбы, моллюсков, ракообразных и других морепродуктов.

Вода используется человеком для передвижения и транспортировки грузов.

Наша страна богата водными ресурсами. На территории Беларуси имеется около 20 800 рек и ручьев, 10 000 озер, 144 водохранилища. Основными водными артериями выступают реки. К категории больших рек (длина более 500 км) относятся Березина, Днепр, Западная Двина, Неман, Припять и Сож. В республике 42 средние реки (длина от 101 до 500 км) и 1 391 малая река (менее 101 км). Велики запасы в Беларуси озерной воды (около 7 км^3). Крупнейшими озерами являются Нарочь (площадь $79,6 \text{ км}^2$), Освея ($52,8 \text{ км}^2$), Червоное ($43,6 \text{ км}^2$), Лукомльское ($36,7 \text{ км}^2$), Древяты ($36,1 \text{ км}^2$). Подземные водные запасы оцениваются значительной цифрой — около 2 млн м^3 в сутки. В Беларуси известно более 200 месторождений пресных подземных вод. Это количество превышает необходимое для обеспечения нужд нашего населения без ущерба для природы. Однако и у нас в стране из-за антропогенного загрязнения остро стоит проблема качества потребляемой воды.

Для борьбы с опасными веществами-загрязнителями все чаще используются живые организмы. Общеизвестно эффективное применение прудов биологической очистки воды от органических загрязнителей, где используются микроорганизмы и ракообразные. Для

борьбы с нефтяным загрязнением российские ученые используют бурую водоросль фукус (*Fucus*). На поверхности этой водоросли обитают бактерии, способные разрушать нефть. Водоросль наращивает свою биомассу, используя продукты разрушения нефти, и даже успешно размножается. Фукусы, покрывающие гектар водной поверхности, могут достаточно быстро утилизировать тонну нефти. Такая технология очистки воды была успешно применена в 2008 г. в акватории Мурманска.

Без чистой воды немыслима жизнь на Земле, поэтому защита водных ресурсов от загрязнения и истощения является одной из важнейших задач для обеспечения устойчивого развития нашей цивилизации. Водопотребление и охрана вод в настоящее время приобрели характер серьезной глобальной экологической, социальной и экономической проблемы. В связи с этим важно реализовать меры, направленные на решение данной проблемы.

Меры по рациональному использованию и охране вод:

1. Использование очистных сооружений (нефтеловушек, отстойников, обменных, кварцевых фильтров, синтетических смол, систем биологической очистки воды) на промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятиях. Очистка загрязненной воды.
2. Запрещение несанкционированного сброса отходов в водную среду.
3. Предотвращение теплового и биологического загрязнения вод.
4. Запрещение ведения хозяйственной деятельности в поймах рек, ручьев, водоохраных зонах других водных объектов.
5. Использование замкнутых циклов воды в хозяйственных целях.
6. Нормирование использования пресной воды в хозяйственных целях, в частности при поливе, использование капельного полива, дождевых установок.
7. Проведение научно-обоснованной мелиорации (обязательная обсадка мелиоративных каналов древесно-кустарниковой растительностью, регулировка стока воды, учет глубины залегания грунтовых вод и т. д.).
8. Мониторинг экологического состояния водных экосистем.

Земельные ресурсы и ресурсы полезных ископаемых

Земельные ресурсы — одна из необходимых составляющих обеспечения жизнедеятельности человека. Важнейшими составляющими земельных ресурсов выступают почва и ее плодородие.

Обязательным условием рационального использования земельных ресурсов является использование экологически безопасных сельскохозяйственных технологий, борьба с загрязнением почв. Ветровая и водная эрозии, возникающие в основном по вине человека, приводят к потере плодородного слоя, проявлению почвенной засухи и опустыниванию. Проблема опустынивания территории наиболее остро стоит в тропических и субтропических областях, но локальные территории практически лишенные растительности уже есть в разных климатических зонах.

Неграмотное использование осушенных торфяников влечет разрушение почвы и обнажение осадочных пород. После выборки запасов торфа и других полезных ископаемых могут оставаться огромные карьеры. Результатом расширения горных разработок выступает отчуждение большого количества земельных ресурсов. Уничтожение почвенного покрова при добыче полезных ископаемых, строительстве промышленных и других хозяйственных объектов сопровождается возникновением пыльных бурь, разрушением и загрязнением естественных ландшафтов. Выходом из создавшегося положения является рекультивация ландшафта, т. е. восстановление его природных свойств. После рекультивации значительные площади земель могут использоваться в сельском хозяйстве, под пруды и водохранилища, лесонасаждения для рекреации.

Недра — это верхняя часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Значение богатств недр повышается в условиях быстрого развития мировой экономики.

Недра содержат различные минеральные ресурсы, что составляет основу ведущих отраслей мирового хозяйства. Из недр добывают основные энергетические ресурсы: каменный уголь, нефть, природный газ, а также руды, сырье для химической промышленности, калийную и каменную соль, строительные материалы, минеральные и термальные воды и другие материалы. В недрах размещаются разнообразные технические и транспортные коммуникации и сооружения. Их используют для хранения газа, различных материалов, а также для захоронения вредных веществ и отходов.

Общие запасы полезных ископаемых на Земле все еще значительны. К началу XXIV в. было израсходовано около 1% всех богатств недр. Учитывая быстрые темпы роста потребностей

общества и освоения месторождений, к 2250 г. предполагается, что будет израсходовано около 30% всех богатств земли.

В недрах Беларуси имеется около 30 видов минерального сырья. Важнейшими из них являются калийная и каменная соль, нефть, торф и строительные материалы.

В настоящее время остро стоит проблема комплексной переработки полезных ископаемых, что позволит сократить энергетические затраты, потери полезных природных компонентов, значительно расширит сырьевую базу. Это целесообразно не только с точки зрения экологии и охраны природы, но и экономики. Важным вопросом остается переработка уже имеющихся отходов добывающей промышленности.

Только определенный комплекс мероприятий позволит сохранить и рачительно использовать как земельные ресурсы, так и запасы недр, что повысит эффективность социального обмена.

Меры по рациональному использованию и охране земель и недр:

1. Предотвращение загрязнения земель промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами, борьба со стихийными свалками.

2. Предотвращение загрязнения почв минеральными удобрениями и ядохимикатами:

- выпуск удобрений в гранулах и крупных кристаллах;
- использование ингибиторов нитрификации;
- использование бесхлорных калийных удобрений;
- использование быстроразрушающихся ядохимикатов;
- нормирование использования ядохимикатов и удобрений.

3. Борьба с засолением почв (при чрезмерном поливе).

4. Борьба с эрозией почв:

- введение почвозащитных севооборотов с обязательным использованием многолетних культур;
- запрещение рядового посева и культивация паров вдоль склонов;
- использование защитных лесонасаждений и гидротехнических сооружений, особенно на мелиорированных землях;
- создание на крутых склонах буферных полос из многолетних трав, предотвращающих вымывание и выветривание почвы;
- укрепление оврагов, песков и эрозированных склонов через создание лесополос, заравнивание промоин и т. д.;

- защита дорог от разлива через высадку многолетних трав и древесно-кустарниковых растений на склонах и откосах;
 - регулирование поверхностного стока воды;
 - регулирование выпаса скота, особенно на песчаных и супесчаных почвах.
5. Борьба с заболачиванием почв (использование дождевых установок, капельный полив).
6. Проведение научно-обоснованной мелиорации.
7. Рекультивация территорий использованных месторождений полезных ископаемых, других нарушенных земель, повышение их плодородия.
8. Грамотное планирование ландшафта путем оптимального соотношения между участками разного функционального назначения (агроценозами, лесами, парками и т. д.).
9. Регламентация разработки месторождений полезных ископаемых с обязательной оценкой экологической безопасности их добычи.
10. Внедрение комплексных технологий переработки полезных ископаемых
11. Переработка накопленных отходов горнодобывающей промышленности.
12. Мониторинг экологического состояния почвенной среды и недр.

Биологические ресурсы

Биоресурсы, являющиеся основой ресурсного потенциала биосферы, относятся к ресурсам, которые человек использовал на всех ступенях развития цивилизации и без которых он не сможет выжить.

Человек широко использует самые различные виды организмов для удовлетворения своих потребностей в разных сферах своей деятельности (промышленности, сельском хозяйстве и т. п.). Из трех миллионов известных человеку видов далеко не многие используются в качестве ресурса.

Представители всех царств живых организмов играют огромную роль в почвообразовании и поддержании плодородия почв, что имеет немаловажное значение для человека.

В биотехнологических процессах широко используются различные виды бактерий: для получения лекарственных препаратов, в пищевой промышленности, в сельском хозяйстве при пригото-

лении кормов, в качестве агентов биологической борьбы с вредителями и сорняками и т. д.

Не менее значимы в жизни человека и грибы, широко используемые в пищу, находящие свое применение в пищевой промышленности (дрожжи в ряде биотехнологических производств), являющиеся источниками получения различных ферментов (пектиназы — для осветления фруктовых соков, целлюлазы — для переработки древесного сырья, грубых кормов, разрушения бумажных отходов, протеазы — для гидролиза белков, амилазы — для гидролиза крахмала и т. д.), известного ростового вещества (гиббереллина), широко используемого для стимуляции роста растений в сельском хозяйстве. Грибы применяются в медицине и медицинской промышленности, являясь источниками получения лекарственных веществ (пеницилл, чага и др.), выступают агентами биологической борьбы с вредителями (из некоторых грибов производят препараты, тормозящие жизнедеятельность патогенных грибов — паразитов сельскохозяйственных растений).

Основу же всего объема биоресурсов, используемых человеком, составляет животный и растительный мир.

Значение растений в жизни человека трудно переоценить. Растения используются человеком в пищу, дают сырье для самых разных отраслей промышленности: деревообрабатывающей, пищевой, легкой, химической и др. Из растительного сырья производят бумагу и одежду, мебель и строительные материалы, красители и растворители, парфюмерные изделия и многое другое. Растительные организмы используются как источник сырья в сельском хозяйстве, широко применяются в медицине при производстве лекарственных препаратов.

Нельзя не упомянуть и об эстетическом значении растений. Именно растительные сообщества образуют благоприятный фон отдыха на природе и обеспечивают успех рекреационной деятельности. Комнатные растения являются постоянными спутниками человека.

Значение животных в жизни человека также довольно весомо и разносторонне. Различные виды животных являются пищевыми объектами человека. Животное сырье широко используется в различных отраслях легкой промышленности: для производства изделий из кожи, меха, кости, красителей, моющих средств, парфюмерной продукции.

Рыбоводство, птицеводство, животноводство, коневодство, свиноводство, оленеводство, кролиководство, пчеловодство издавна являются неотъемлемыми компонентами хозяйственной деятельности людей.

Велико значение животных в медицине как источников производства лекарственных препаратов, в том числе гормональных, ферментных и т. д. Например, из молодых рогов пятнистых оленей получают пантокрин, а поджелудочные железы свиней являются источником получения инсулина.

Целый ряд животных — нематоды, паукообразные, насекомые, хищные птицы и млекопитающие — используется в биологической борьбе с вредителями лесного и сельского хозяйства, насекомые — с сорными растениями, рыбы — с распространителями опасных заболеваний человека.

Велико промысловое значение животных, так как человек на протяжении всей своей истории занимался охотой и рыбной ловлей.

На использовании лабораторных животных в исследовательских целях основаны многие достижения в области экспериментальной медицины и прикладной биологии.

Животным находится применение в санитарно-оздоровительных мероприятиях, в спорте, в качестве гужевого транспорта (лошади и др.), собаки и кошки — постоянные спутники человека, кораллы, насекомые, рыбы, птицы, звери являются эстетически привлекательными природными объектами.

Использование в самых разных сферах жизни человека привело к сокращению численности или исчезновению многих видов животных и растений. Ведется нерациональное, а иногда и попросту преступное уничтожение биоресурсов. Например, уничтожили или поставили на грань исчезновения странствующего голубя и бизонов в Северной Америке, зубра в Европе, стеллерову корову на Дальнем Востоке и многих других, что породило глобальную экологическую проблему сокращения биоразнообразия Земли. Ключ к решению данной проблемы лежит в выполнении определенных мер по использованию ресурсов растительного и животного мира.

Меры по рациональному использованию и охране растительного мира:

1. Охрана редких и исчезающих видов растений, восстановление их численности.

2. Охрана мест произрастания растений (т. е. экосистем в целом) от загрязнения и уничтожения. Расширение сети особо охраняемых природных территорий.

3. Регламентирование заготовки растительного сырья (древесины, ягод, семян, лекарственных трав и т. д.).

4. Защита используемых в хозяйственных условиях растительных сообществ (в основном лесов) от пожаров, вредителей и болезней. Последнее связано с тем, что в таких экосистемах нарушен процесс саморегуляции, что приводит к массовым вспышкам численности вредителей и возбудителей болезней.

5. Предотвращение научно-необоснованной акклиматизации растений. Необдуманная акклиматизация часто приводит к конкуренции с аборигенными видами и к нарушению структуры всего сообщества.

6. Создание специализированных хозяйств по производству растительного сырья для уменьшения антропогенного пресса на естественные растительные сообщества (производство ягод, лекарственных трав, древесины и т. д.).

7. Защита растительных сообществ от негативного воздействия домашних животных (в первую очередь крупного и мелкого рогатого скота, нерегулируемый выпас которого приводит к деградации растительного покрова и почвы).

8. Мониторинг экологического состояния природных фитоценозов.

Меры по рациональному использованию и охране животного мира:

1. Охрана редких и исчезающих видов животных, восстановление их численности.

2. Охрана естественных мест обитания животных от загрязнения и уничтожения. Расширение сети особо охраняемых природных территорий.

3. Регламентация охоты, рыбной ловли, отлова животных.

4. Предотвращение научно-необоснованной акклиматизации животных.

5. Предотвращение негативного воздействия домашних животных на диких (присутствие большого числа растительноядных домашних животных вызывает беспокойство среди диких животных, особенно в период размножения). Серьезную опасность представляют свиньи, кошки и собаки, уничтожая диких животных, которые зачастую не приспособлены к защите от таких врагов. Их пребывание в природных экосистемах должно проходить под строгим контролем человека.

6. Создание специализированных хозяйств по производству животного сырья (рыбоводческие, звероводческие, охотничьи и т. д.) для уменьшения антропогенного пресса на естественные зооценозы.

7. Регламентация использования ядохимикатов и минеральных удобрений, являющихся сильным факторами, негативно воздействующими

на некоторые группы животных, в первую очередь почвенных беспозвоночных и птиц.

8. Мониторинг экологического состояния животного мира.

Только соблюдение основных мер рационального природопользования позволит биоресурсам не только сохраняться, но и восстанавливать свою численность, оставаясь одним из важнейших источников существования человеческой цивилизации.

Однако живые организмы играют в жизни человека не только положительную роль. Среди микроорганизмов и грибов много видов, вызывающих различные заболевания человека, сельскохозяйственных животных и растений. Значительный вред могут наносить грибы лесному хозяйству, поражая растущие деревья, деловую древесину, деревянные постройки и изделия, вызывать коррозию металла, порчу смазочных масел и других нефтепродуктов повреждать оптические изделия. Сильный вред некоторые виды грибов (в частности плесневые грибы) могут приносить в книгохранилищах, музеях и коллекциях, повреждая биологические и другие коллекционные объекты.

Среди животных немало возбудителей заболеваний человека и животных. К ним относятся: паразитические виды простейших (например, дизентерийная амеба, трипаномы, лейшмании); паразитические виды червей (человеческая аскарида, трихинелла, печеночный сосальщик); клещи (чесоточный зудень, угрица); насекомые (вши и др.). Животные и продукты их жизнедеятельности могут стать причиной возникновения аллергических реакций, например, пылевые или перьевые клещи, экскременты, которых содержат токсичные для человека вещества, пускай и в мизерных количествах. Целый ряд животных является переносчиком возбудителей таких опасных заболеваний, как малярия (малярийный комар), чума (крысы), туберкулез (тараканы), энцефалит (иксодовые клещи) и др.

Среди представителей животного царства имеется огромное число вредителей сельского и лесного хозяйства (нематоды, клещи, насекомые, грызуны). Некоторые виды беспозвоночных являются активными разрушителями построек из камня (моллюски) и дерева (моллюски, насекомые), продуктов питания (грызуны, насекомые), коллекционных экспонатов, одежды и мебели (насекомые). Потенциальную опасность для человека представляют ядовитые животные и крупные хищники.

Среди растений также достаточное количество видов относится к разряду сорных. Потенциальную опасность для людей представляют ядовитые растения, а также виды, имеющие различные острые защитные приспособления (острый режущий край, колючие волоски, шипы и т. д.). Некоторые растения, а именно их пыльца, сок, волоски, запах, издаваемый цветами, могут стать причиной аллергических заболеваний.

Но все негативное воздействие организмов не может перевесить ту пользу, которую человеческое общество получает за счет потребления биологических ресурсов. В связи с этим реализация мер рационального использования и охраны биоресурсов должна выступать в качестве одного из приоритетных направлений развития нашего общества при всевозрастающем техногенном воздействии на природу и сокращении площади естественных экосистем. Ведущая роль в деле сохранения биологического богатства Земли отводится особо охраняемым природным территориям.

1.9 Природоохранное законодательство Республики Беларусь

1.9.1 Основные положения законодательной базы в сфере охраны природы

Природоохранное (экологическое) законодательство является инструментом регулирования взаимодействия общества и природы.

Основными задачами законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды являются:

- обеспечение благоприятной окружающей среды;
- регулирование отношений в области охраны природных ресурсов, их использования и воспроизводства;
- предотвращение вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности;
- улучшение качества окружающей среды;
- обеспечение рационального использования природных ресурсов.

Функционирование природоохранного законодательства обеспечивается благодаря государственному управлению в этой сфере.

Государственное управление в области охраны окружающей среды осуществляется Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальными органами, иными специально уполномоченными республиканскими органами государственного управления и их территориальными органами, местными Советами депутатов, исполнительными и распорядительными органами в пределах их компетенции.

К специально уполномоченным республиканским органам государственного управления относятся Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь и иные республиканские органы государственного управления в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

В Беларуси разработана действенная законодательная база в сфере охраны окружающей среды (приложение Б). Законодательство Республики Беларусь об охране природы основывается на Конституции (Основном Законе) Республики Беларусь.

Основным законодательным актом в области охраны природы является закон «Об охране окружающей среды». В нем сформулированы основные принципы охраны окружающей среды. Как отмечает Е. В. Лаевская, этот закон — единственный, который своим правовым воздействием охватывает весь комплекс общественных отношений, возникающих по поводу окружающей среды [34].

В соответствии с Законом «Об охране окружающей среды» хозяйственная и иная деятельность юридических лиц и граждан, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов:

- соблюдения права граждан на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права;
- обеспечения благоприятных условий для жизни и здоровья граждан;
- научно-обоснованного сочетания экологических, экономических и социальных интересов граждан, общества и государства в целях обеспечения благоприятной окружающей среды;

- охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов как необходимых условий обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;
- предупредительного характера мер по охране окружающей среды и предотвращению вреда окружающей среде;
- государственного регулирования охраны окружающей среды и природопользования;
- платности специального природопользования и возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду;
- независимости контроля в области охраны окружающей среды;
- обязательности проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать вредное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью, имуществу граждан;
- учета природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности;
- приоритета сохранения естественных экологических систем, типичных и редких природных ландшафтов и природных комплексов;
- допустимости воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду с учетом требований в области охраны окружающей среды;
- обязательности участия в деятельности по охране окружающей среды государственных органов, общественных объединений, иных юридических лиц и граждан;
- сохранения биологического разнообразия;
- обеспечения интегрированного и индивидуального подходов к установлению требований в области охраны окружающей среды к юридическим лицам и гражданам, осуществляющим хозяйственную и иную деятельность или планирующим ее;
- презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- снижения вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду на основе использования технологий, обеспечивающих выполнение требований в области

охраны окружающей среды, с учетом экономических и социальных факторов;

- запрещения хозяйственной и иной деятельности, которая может привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда объектов растительного и животного мира, истощению природных ресурсов и иным отрицательным изменениям окружающей среды;

- гласности в работе государственных органов, общественных объединений по вопросам охраны окружающей среды и обеспечения граждан полной, достоверной и своевременной информацией о состоянии окружающей среды;

- недопущения совмещения функций государственного регулирования, управления и контроля в области охраны окружающей среды и функций природопользования;

- ответственности за нарушение законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды;

- организации и развития системы образования, воспитания в области охраны окружающей среды и формирования экологической культуры;

- международного сотрудничества Республики Беларусь в области охраны окружающей среды.

Основными направлениями государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды являются:

- обеспечение права граждан на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права;

- совершенствование государственного управления в области охраны окружающей среды;

- научное обеспечение охраны окружающей среды;

- создание правового и экономического механизмов, стимулирующих рациональное использование природных ресурсов;

- рациональное использование природных ресурсов;

- совершенствование системы охраны окружающей среды и природопользования;

- создание сети особо охраняемых природных территорий;

- обеспечение сохранения биологического и ландшафтного разнообразия;

- обеспечение непрерывного функционирования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь;

- проведение государственной экологической экспертизы;
- информирование граждан о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;
- организация и развитие системы образования, воспитания в области охраны окружающей среды и формирование экологической культуры, а также подготовка и переподготовка специалистов для деятельности в области охраны окружающей среды;
- оказание содействия общественным объединениям, осуществляющим свою деятельность в области охраны окружающей среды;
- привлечение граждан, общественных объединений к охране окружающей среды и контролю за ее состоянием;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

Республиканским законодательством гражданам нашей страны предоставляются широкие права в области охраны окружающей среды. Каждый гражданин Республики Беларусь имеет право:

- создавать в соответствии с законодательством Республики Беларусь общественные объединения, осуществляющие свою деятельность в области охраны окружающей среды, и общественные фонды охраны природы;
- обращаться в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, в органы государственного управления, иные организации и к должностным лицам для получения полной, достоверной и своевременной информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;
- принимать участие в подготовке и обсуждении материалов по оценке воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- вносить предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в ее проведении в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь;
- оказывать содействие государственным органам в решении вопросов охраны окружающей среды;
- осуществлять общественный контроль в области охраны окружающей среды;
- обращаться в государственные органы с жалобами, заявлениями и предложениями по вопросам, касающимся охраны окружающей

среды, вредного воздействия на окружающую среду, и получать своевременные и обоснованные ответы;

- предъявлять в суд иски о возмещении вреда, причиненного их жизни, здоровью, имуществу в результате вредного воздействия на окружающую среду.

Каждому гражданину необходимо помнить и об обязанностях по отношению к природе. Граждане обязаны:

- соблюдать законодательство Республики Беларусь об охране окружающей среды;

- повышать экологическую культуру, содействовать воспитанию в этой области подрастающего поколения;

- беречь и охранять природную среду и рационально использовать природные ресурсы;

- выполнять требования в области обращения с отходами;

- выполнять требования пожарной безопасности;

- соблюдать правила охоты и рыболовства;

- выполнять требования, установленные в целях борьбы с бытовым шумом в помещениях, на улицах, во дворах, на территории садоводческих товариществ (кооперативов), в местах отдыха и иных общественных местах;

- выполнять предписания органов и должностных лиц, осуществляющих государственный контроль в области охраны окружающей среды;

- возмещать в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, вред, причиненный их действиями окружающей среде.

Субъектами отношений в области охраны окружающей среды являются граждане, лица без гражданства, юридические лица, административно-территориальные единицы Республики Беларусь.

Законодательство в области охраны окружающей среды регулирует общественные отношения, возникающие по вопросу использования природных ресурсов, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Названные отношения, имея выраженный экологический характер, по своей правовой форме могут принадлежать практически к любой области правового регулирования: быть конституционно-, гражданско-, уголовно-правовыми и т. д. [34].

Правовой режим природных ресурсов и других компонентов природной среды регулируется законодательством Республики Беларусь об охране окружающей среды, если иное не предусмотрено земельным, водным, лесным законодательством Республики Беларусь, законодательством Республики Беларусь о недрах, растительном мире, животном мире и другими законами Республики Беларусь.

Важная роль в правовом обеспечении природоохранной деятельности принадлежит Уголовному кодексу Республики Беларусь и Кодексу Республики Беларусь об административных правонарушениях, предусматривающих составы противоправных деяний (преступлений и правонарушений) в экологической сфере, а также определяющих ответственность за них. В эти кодексы внесен ряд изменений, значительно усиливающих ответственность за правонарушения в сфере охраны окружающей среды.

Все вышеобозначенные принципы, механизмы, права и обязанности, отраженные в законодательных актах, направлены на решение общих задач юридической основы охраны природы.

1.9.2 Ответственность за нарушение природоохранного законодательства

Эколого-правовая ответственность выступает важным звеном правового обеспечения рационального природопользования и охраны окружающей среды и имеет некоторые особенности. В результате совершения экологического правонарушения вред причиняется как окружающей среде в целом, экологическому благополучию населения (экологическая составляющая), так и конкретным лицам (экономическая составляющая). В силу того, что природные ресурсы не имеют стоимости, применяются специальные способы исчисления вреда (таксы, методики, затраты на восстановление).

В соответствии со ст. 99 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» нарушение законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды влечет применение мер дисциплинарной, административной и уголовной ответственности. Привлечение лиц к ответственности за нарушение экологического законодательства не освобождает их от возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду (гражданско-правовой ответственности).

Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях определяет составы административных правонарушений в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, при совершении которых наступает административная ответственность, виды административных взысканий, налагаемых в случае совершения таких правонарушений, а также особенности применения административной ответственности при нарушении экологического законодательства [76].

Составы правонарушений в области природопользования и охраны окружающей среды перечислены в главе 15 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях «Административные правонарушения против экологической безопасности, окружающей среды и порядка природопользования» (стст. 15.1—15.37; 15.48—15.63), а также в иных главах (например, административная ответственность установлена за нарушение права государственной собственности на недра, воды, леса, животный мир — стст. 10.1—10.4, за самовольное занятие земельного участка — ст. 23.41).

Субъектами административной ответственности могут быть физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, а также юридические лица. По общему правилу возраст наступления административной ответственности для физических лиц — 16 лет. Однако за ряд правонарушений, в том числе в сфере окружающей среды, физическое лицо может нести ответственность в возрасте от 14 до 16 лет (например, за нарушение требований пожарной безопасности в лесах или на торфяниках — ст. 15.29; за разжигание костров в запрещенных местах — ст. 15.58). Физическое лицо подлежит административной ответственности как индивидуальный предприниматель, если совершенное административное правонарушение связано с осуществляемой им предпринимательской деятельностью и прямо предусмотрено статьей Особенной части Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях. Юридическое лицо может нести ответственность только за административные правонарушения, прямо предусмотренные статьями Особенной части вышеназванного кодекса, например, за нарушение законодательства об охране озонового слоя (ст. 15.62), законодательства об отходах (ст. 15.63) и др.

За правонарушения в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды применяются следующие виды адми-

нистративных взысканий: предупреждение, штраф, конфискация предмета, явившегося орудием совершения правонарушения или непосредственным объектом правонарушения, лишение специального права, например, права охоты.

В законодательство Республики Беларусь с 1999 года было введено понятие преступления против экологической безопасности и природной среды, под которым понимается совершенное умышленно или по неосторожности общественно опасное деяние, причинившее или могущее причинить вред земле, водам, недрам, лесам, животному и растительному миру, атмосфере и другим природным объектам, отнесенным к таковым законодательством об охране окружающей среды, независимо от форм собственности.

Общественная опасность уголовно наказуемого деяния определяется характером наступивших последствий, в том числе:

- совершение нарушений в течение года после наложения административного взыскания за такие же нарушения;
- смерть либо заболевания людей;
- причинение ущерба в крупном либо особо крупном размере;
- гибель растительности или животных, заведомо для виновного занесенных в Красную книгу Республики Беларусь и т. п.

Составы преступлений в области окружающей среды определены в Главе 26 Уголовного кодекса Республики Беларусь (далее УК РБ) «Преступления против экологической безопасности и природной среды» (стст. 263—283). Ряд составов преступлений в области окружающей среды находится в иных главах. Например, в Главе 17 «Преступления против мира и безопасности человечества» установлена уголовная ответственность за экоцид, т. е. умышленное массовое уничтожение растительного или животного мира; отравление атмосферы или водных ресурсов; совершение иных умышленных действий, способных вызвать экологическую катастрофу (ст. 131 УК); в главе 33 «Преступления против порядка управления» — за самовольное занятие земельного участка (ст. 386 УК) и т. д.

Выделяют две группы экологических преступлений. Во-первых, преступления, которые посягают на экологический правопорядок в целом. Объектом таких посягательств являются общественные отношения по поводу окружающей среды как интегрированного объекта правового регулирования, например, нарушение правил безопасности при обращении с экологически опасными веществами

и отходами (ст. 278 УК), сокрытие либо умышленное искажение сведений о загрязнении окружающей среды (ст. 279 УК), прием в эксплуатацию экологически опасных объектов (ст. 266 УК) и т. д.

В соответствии с УК РБ вторую, наиболее многочисленную группу экологических преступлений, составляют те, в которых в качестве объекта выступает порядок использования и охраны отдельных компонентов природной среды или природных объектов:

- порча земель — ст. 269;
- нарушение правил охраны недр — ст. 271;
- загрязнение либо засорение вод — ст. 272;
- загрязнение атмосферы — ст. 274;
- загрязнение леса — ст. 275 УК;
- незаконная порубка деревьев и кустарников — ст. 277;
- незаконная добыча рыбы и водных животных — 281 УК;
- незаконная охота — ст. 282 и др.

Следует отметить, что по общему правилу крупным признается размер ущерба на сумму, в 250 и более раз превышающую размер базовой величины, а особо крупным — размер ущерба на сумму, в 1 000 и более раз превышающую размер базовой величины, установленный на день совершения преступления.

Учитывая экологическую ценность растительного и животного мира, в законодательстве установлены более высокие требования при применении мер уголовной ответственности за нарушение законодательства об охране и использовании объектов флоры и фауны. Крупным размером ущерба при загрязнении леса и незаконной порубке деревьев и кустарников признается ущерб на сумму, в 80 и более раз превышающую размер базовой величины, установленный на день совершения преступления. Особо крупным размером ущерба при уничтожении либо повреждении леса в результате неосторожного обращения с огнем, несоблюдении правил производства взрывных работ, нарушении правил эксплуатации других источников повышенной опасности, нарушении порядка заготовка и вывозки древесины, а также незаконной порубке деревьев и кустарников признается ущерб на сумму, в 250 и более раз превышающую размер базовой величины, установленный на день совершения преступления. При нарушении законодательства о животном мире согласно примечанию к стст. 281—282 УК крупным и особо

крупным признается соответственно ущерб в размере 40 и более, 100 и более базовых величин, установленных на день совершения преступления.

Привлечение лиц к дисциплинарной, административной и уголовной ответственности за нарушение законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды не освобождает их от возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду. Возмещение такого вреда следует рассматривать как меру имущественного воздействия на правонарушителя в виде гражданско-правовой ответственности.

Важнейшим принципом возмещения вреда согласно ст. 933 Гражданского кодекса Республики Беларусь является принцип полноты возмещения вреда, в соответствии с которым лицо, ответственное за причинение вреда, обязано возместить вред в натуре (предоставить вещь того же рода и качества, исправить поврежденную вещь и т. п.) или возместить причиненные убытки.

Вред, причиненный окружающей среде, прежде всего проявляется в форме загрязнения окружающей среды, порчи, уничтожения, повреждения, истощения природных ресурсов, разрушения экологических систем. К такому вреду можно отнести любое ухудшение состояния окружающей среды, происшедшее вследствие нарушения правовых требований в области охраны окружающей среды.

Под **загрязнением** понимается любое изменение физико-химического состава того или иного компонента природной среды через поступление загрязняющих веществ, микроорганизмов, тепла, нарушающих состав и свойства воды, атмосферы, почвы.

Истощение — уменьшение полезных природных свойств. Например, истощение вод (водных объектов) рассматривается Водным кодексом Республики Беларусь как устойчивое уменьшение минимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод.

Порча — нерациональное использование, ведущее к потерям качества и количества компонента природной среды. В УК РБ под порчей земель понимается уничтожение плодородного слоя почвы, либо невыполнение правил рекультивации земель, либо загрязнение их химическими или радиоактивными веществами, отходами производства и потребления, сточными водами, бактериально-паразитическими вредными организмами, либо иное незаконное повреждение земель.

Уничтожение — полное приведение в негодность природных объектов либо их частей.

Деградация — ухудшение качества компонента природной среды. Например, деградация земель — это постепенное ухудшение свойств земель под влиянием хозяйственной деятельности человека: неправильная агротехника, истощение при некомпенсируемом выносе питательных веществ с растительной продукцией, изменение структуры почвы, водного режима и т. п. В результате усиливаются процессы эрозии, изменяется состав почвенной флоры и фауны в неблагоприятную сторону, снижается плодородие, формируются пустоши и неудобицы.

Гражданское законодательство предусматривает два способа возмещения вреда — в *натуральном* и в *денежном* выражении.

Возмещение вреда окружающей среде в натуральном выражении может осуществляться посредством восстановления нарушенного состояния природной среды. К примеру, восстановление состояния поврежденного земельного участка (рекультивация), посадка леса, выпуск на волю отловленного животного и т. д. При невозможности возмещения вреда в натуре решается вопрос о денежном возмещении. Возможен также смешанный вариант возмещения вреда, при котором часть средств компенсируется в денежной форме, а часть — путем восстановления компонента природной среды за счет сил и средств причинителя вреда.

Размер вреда, причиненного окружающей среде, в денежном выражении согласно ст. 101 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» определяется в соответствии с таксами, методиками, фактическими затратами на восстановление нарушенного состояния окружающей среды с учетом упущенной выгоды.

Такса представляет собой условную единицу исчисления ущерба в базовых величинах. Величина таксы является средней величиной стоимости всей суммы отрицательных последствий от правонарушения. Таксовый способ исчисления ущерба, причиненного окружающей среде, облегчает на практике определение размера такого ущерба в денежном выражении.

Дисциплинарная ответственность за нарушение экологического законодательства выражается в наложении на виновного работника дисциплинарного взыскания за невыполнение служебных обязанностей, связанных с охраной окружающей среды. В соответствии

со стст. 400—409 Трудового кодекса Республики Беларусь нарушители законодательства в области охраны окружающей среды могут быть привлечены к материальной ответственности, которая выражается в обязанности работника возместить вред, причиненный по его вине организации в результате ненадлежащего исполнения своих трудовых обязанностей.

Вопросы для самоконтроля

1. Как различаются отрасли промышленности по воздействию на окружающую среду?
2. Что такое деградация земель? В каких формах она проявляется?
3. В чем проявляется опасность ДДТ?
4. Что такое охрана природы? Каковы ее задачи?
5. Поясните ресурсный цикл природопользования.
6. Какие существуют основные методы переработки и использования отходов производства и потребления?
7. Какие существуют механизмы регулирования природопользования?
8. Какова цель экологической экспертизы?
9. Каковы условия организации и проведения экологической экспертизы?
10. Что является объектами экологического аудита?
11. Что такое ПДК, БПК, ЛД₅₀, ПДВ, ПДС?
12. Какие существуют виды эколого-правовой ответственности?

Г л а в а 2
**ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**2.1 Технологии защиты атмосферного воздуха
от загрязнения**

**2.1.1 Методы очистки выбросов промышленных
предприятий от твердых и жидких частиц**

Воздушные выбросы промышленных предприятий характеризуются большим разнообразием состава и физико-химических свойств. В связи с этим разработаны различные методы очистки и типы **пылеуловителей** — аппаратов, предназначенных для очистки выбросов от пыли и других аэрозолей.

Методы очистки промышленных газовых выбросов от пыли можно разделить на две группы: методы улавливания пыли «сухим» способом и методы улавливания пыли «мокрым» способом. Аппараты обеспыливания газов представлены пылеосадительными камерами, циклонами, пористыми фильтрами, электрофильтрами, скрубберами и др.

К сухим механическим обеспыливающим аппаратам относятся пылеосадительные камеры, циклоны, пористые фильтры. Применение того или иного аппарата обуславливается свойствами и группой дисперсности пыли (табл. 2.1).

Пылеосадительные камеры и циклоны большой пропускной способности применяют для улавливания пыли первой и второй групп (крупнодисперсной), тканевые фильтры — для улавливания

Т а б л и ц а 2.1 — Качественные показатели пыли

Группа дисперсности	Название группы	Среднее значение эффективного диаметра 50 частиц пыли, d_{50} , мкм
I	Очень крупнодисперсная пыль	>140
II	Крупнодисперсная пыль	40—140
III	Среднедисперсная пыль	10—40
IV	Мелкодисперсная пыль	1—10
V	Очень мелкодисперсная пыль	<1

пыли третьей и четвертой групп (средне- и мелкодисперсной), электрофильтры эффективны для улавливания пыли пятой группы (очень мелкодисперсной).

Выбор аппарата для очистки газов определяется рядом факторов, главными из которых являются размеры улавливаемых частиц и заданная степень очистки газов. Исходя из этих параметров, можно ориентировочно выбирать газоочистительные устройства по данным, приведенным в таблице 2.2.

Т а б л и ц а 2.2 — Характеристики аппаратов по очистке газов

Аппарат	Размеры улавливаемых частиц, мкм	Степень очистки, %
Пылеосадительные камеры	5—20 000	40—70
Центробежные пылеосадители	3—100	45—85
Электрофильтры	0,005—10	85—99
Гидравлические пылеуловители	0,01—10	85—99
Газовые фильтры	2—10	85—99

Приведенные данные дают представление лишь о порядке соответствующих величин, которые могут изменяться в широких пределах в зависимости от состояния, состава и свойств поступающего на очистку запыленного газа.

Пылеосадительные камеры представляет собой пустотелый или с горизонтальными полками во внутренней полости короб, в нижней части которого имеется бункер для сбора пыли (рис. 2.1). Поток запыленного газа вводится в камеру через отверстие сравнительно небольшого диаметра, но при этом газ должен полностью заполнять поперечное сечение камеры. Для соблюдения этого условия в конструкции камеры предусматриваются специальные устройства (полки, перегородки).

Загрязненный пылью газ пропускается через камеру со скоростью 0,2—1,5 м/с, частицы пыли оседают под действием силы тяжести в нижней части аппарата. Степень очистки газа в камерах не превышает 40—70%.

Обеспыленный газ выводится из камеры и далее либо выбрасывается в атмосферу, либо подается в другие аппараты для более глубокой очистки.

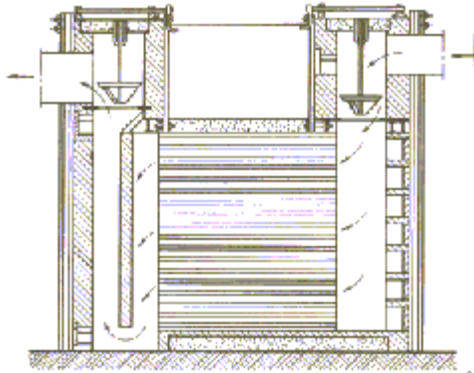
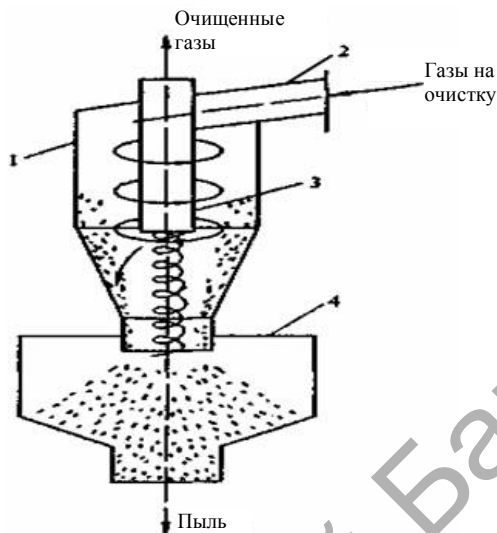


Рисунок 2.1 — Пылеосадительная камера [23]

Циклоны различных типов получили широкое применение для сухой очистки газов и представляет собой механические обеспыливающие устройства, в которых очистка газа основана на использовании инерционных свойств частиц пыли. Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей. Они, как правило, имеют простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложны в эксплуатации.

Общая схема одной из конструкций циклона представлена на рисунке 2.2. Запыленный воздух вводится тангенциально в верхнюю часть циклона. Здесь формируется вращающийся поток, который затем опускается по кольцевому пространству, образованному цилиндрической частью циклона и выхлопной трубой. Продолжая вращаться, воздушный поток выходит из циклона через выхлопную трубу. Отделение загрязнений происходит следующим образом. При входе в циклон частицы дисперсной фазы по инерции движутся прямолинейно. Затем центробежные силы искривляют траекторию их движения. Те из частиц, масса которых достаточно велика, достигают стенок циклона, под действием силы тяжести опускаются в нижнюю часть аппарата, далее через пылевывпускное отверстие проходят в бункер, где и оседают.

Для очистки газа от пыли используются цилиндрические (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24, ЦП-2) и конические (СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М и СДК-ЦН-33) циклоны.



1 — короб; 2 — подводящая труба;
3 — отводящая труба; 4 — бункер

Рисунок 2.2 — Циклон [57]

Для очистки больших масс газов используются батарейные циклоны, состоящие из большого числа параллельно установленных циклонных элементов, расположенных в одном корпусе и имеющих общий подвод и отвод газов. Эффективность работы батарейных циклонов на 20—25% ниже, чем у одиночных, что объясняется перетоком газов между циклонными элементами.

Для разделения газового потока на очищенный и обогащенный пылью газ используют *жалюзийные пылеотделители*.

Отделение частиц пыли от основного газового потока на жалюзийной решетке происходит под действием инерционных сил, заставляющих частицы пыли двигаться вдоль жалюзийной решетки, а также за счет отражения частиц от поверхности решетки при соударении.

Очищенный от пыли поток воздуха проходит через отверстия жалюзийной решетки. Обогащенный пылью газовый поток направляется в циклон, где очищается от пыли и подводится в очищенный поток газа за жалюзийной решеткой. Жалюзийные пылеотделители отличаются простотой конструкции, хорошо компануются в газоходах

и обеспечивают эффективность очистки до 80% для частиц размером более 20 мкм. Они применяются для очистки дымовых газов от крупнодисперсной пыли при температуре 450—600°С.

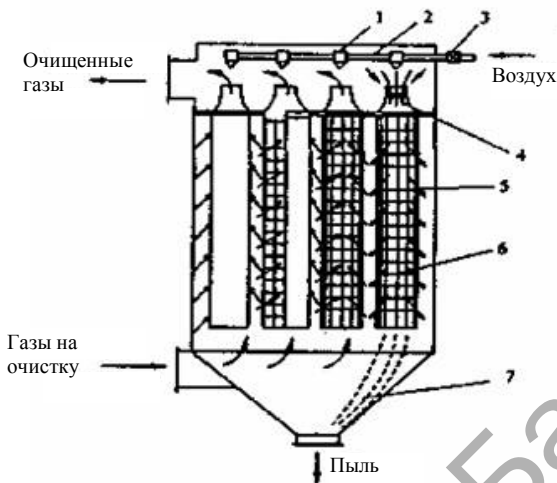
Фильтры с пористыми перегородками различных типов широко используют для очистки загрязненных газовых выбросов. Процесс фильтрования состоит в пропускании аэродисперсной системы (газа, загрязненного пылью или частицами аэрозолей) через пористый материал фильтра. Частицы дисперсной фазы, размеры которых превышают диаметр пор фильтровального материала, отделяются от газового потока. В промышленности используются фильтры различных конструкций с различными фильтрующими элементами. По типу фильтрующей перегородки фильтры бывают с:

- 1) зернистыми неподвижными слоями, состоящими из свободно насыпанных зернистых материалов;
- 2) зернистыми псевдооживленными слоями;
- 3) гибкими пористыми перегородками из ткани, войлока, полимерных материалов, губчатой резины и т. п.;
- 4) полужесткими пористыми перегородками из вязаной и тканой сетки, стружки;
- 5) жесткими пористыми перегородками из пористой керамики, пористых металлов и других подобных материалов.

Фильтрующие зернистые слои используют для очистки газов от крупнодисперсных частиц загрязнений. Для очистки газов от пылей механического происхождения (от дробилок, сушилок, мельниц) часто используют фильтры из гравия.

Для тонкой очистки газов от аэрозолей и мелкодисперсной пыли применяют войлоки из синтетических волокон (лавсана, ПВХ, капрона). Хорошими фильтрующими свойствами обладают хлопчатобумажные и шерстяные ткани, но они менее прочны и химически стойки, чем синтетические. Проволочные сетки, изготовленные из специальных марок стали, меди, латуни, бронзы, никеля могут работать в широком интервале температур (0—800°С), в химически агрессивных средах. Фильтрующие элементы из пористой керамики, пористых металлов обладают высокой прочностью, коррозионной и термической стойкостью.

Конструкционное оформление газовых фильтров может быть различным. Наибольшее распространение получили рукавные фильтры (рис. 2.3). Поток загрязненного газа проходит через фильтрующие тканевые рукава, пыль задерживается на внутренней поверхности



- 1 — патрубок обдува воздухом; 2 — воздуховод;
 3 — вентиль; 4 — сопло; 5, 6 — рукав;
 7 — направление осаждения пыли

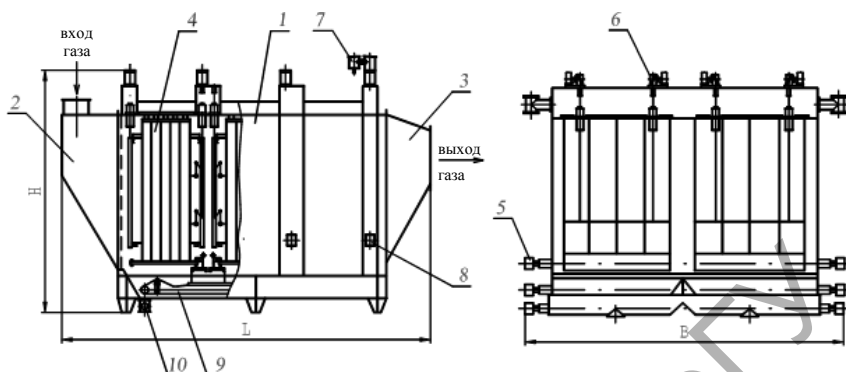
Рисунок 2.3 — Схема рукавного фильтра [57]

рукавов. Отделение пыли и регенерация фильтров может проводиться одним из следующих методов: механическим встряхиванием, обратной продувкой воздухом, импульсной продувкой сжатым воздухом. Главным достоинством рукавных фильтров является высокая эффективность очистки для всех размеров частиц.

В основе работы *электрофильтра* лежит явление электризации взвешенных в газе частиц дисперсной фазы с последующим осаждением их на электроде с зарядом, противоположным по знаку заряду частиц загрязнений (осадительном электроде).

По конструкции электрофильтры подразделяют на трубчатые и пластинчатые.

В трубчатых электрофильтрах (рис. 2.4) загрязненный газ пропускается по вертикальным трубам диаметром 20—25 см, по центру которых натянута проволока. Скорость движения газа в трубке составляет 0,5—2 м / с. Газ находится в трубке 6—8 с. Постоянный ток напряжением 50—100 кВ подается на электроды. Электродами являются стенки трубки (осадительный электрод) и проволока (каронирующий электрод).



1 — корпус; 2 — диффузор; 3 — конфузор; 4 — механическое оборудование;
 5 — привод встряхивания осадительных электродов; 6 — привод встряхивания
 коронирующих электродов; 7 — токоподвод; 8 — люк; 9 — цепной конвейер;
 10 — винтовой конвейер

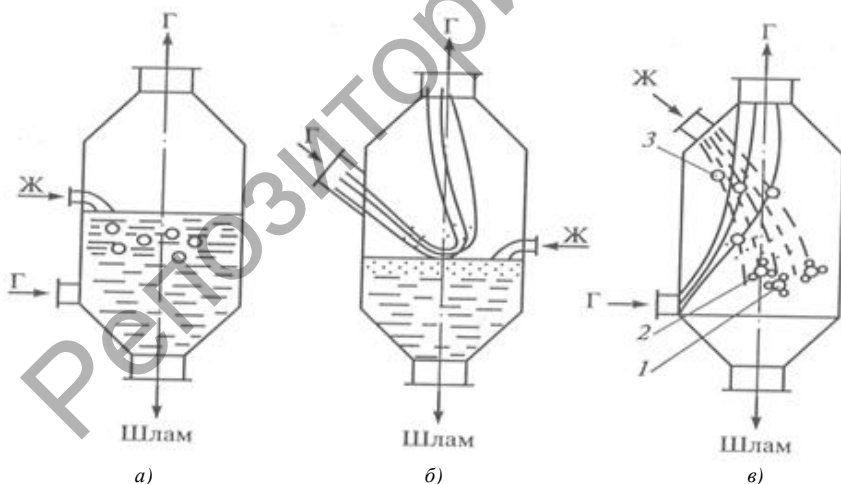
Рисунок 2.4 — Схема трубчатого электрофильтра [57]

В пластинчатых электрофильтрах осадительными электродами являются пластинки, между которыми натянута проволока (коронирующий электрод). Для увеличения степени очистки электроды можно смачивать водой. В таком случае электрофильтр будет относиться к мокрым.

Процесс очистки газа от частиц пыли происходит следующим образом. Молекулы газов воздуха, проходящего в пространстве между двумя электродами, при определенной напряженности электрического поля между электродами ионизируются. Образующиеся ионы движутся к соответствующему электроду (стенке трубки), сталкиваются при движении с частицами пыли (или жидкими частицами аэрозоля), передают им свой заряд — ионизируют частицы. Далее заряженные частицы пыли движутся к электроду с противоположным по знаку зарядом (к стенке трубки), осаждаются на поверхности этого электрода. Очищенный газ выводится из трубки. Накапливающийся на поверхности осадительного электрода слой пыли периодически удаляют сухим (вибрация) или мокрым (отмывка) способом. Пыль собирается в бункера в виде сухого порошка или в виде пульпы (взвеси) в нижней части аппарата. Электрофильтры применяют для тонкой очистки газов от частиц аэрозолей. Выбор

той или иной конструкции электрофильтра определяется условиями работы: составом и свойствами очищаемых газов, требуемой эффективностью очистки.

Мокрые пылеулавливающие аппараты, или скрубберы, работают по принципу улавливания частиц пыли поверхностью или объемом жидкости (воды) и характеризуются высокой степенью очистки от мелкодисперсной пыли. С их помощью можно очищать от пыли горячие и взрывоопасные газы. Эффективность работы аппаратов мокрой очистки зависит от смачиваемости пыли, площади соприкосновения запыленного потока газа с поверхностью жидкости. Если пыль плохо смачивается водой, то в воду добавляют поверхностно активные вещества (ПАВ). Для увеличения поверхности контакта в аппараты мокрой очистки вводят специальные насадки из материалов инертных по отношению к воде и загрязнениям (в промывных башнях) или воду распыляют при помощи форсунок (форсуночные скрубберы). На рисунке 2.5 приведены схемы аппаратов мокрой очистки.



a — в объеме (слое) жидкости; *б* — пленками жидкости; *в* — распыленной жидкостью в объеме газа; *1* — капли жидкости; *2* — твердые частицы; *3* — пузырьки газа;
Г — газ; Ж — жидкость

Рисунок 2.5 — Способы мокрого пылеулавливания [57]

Промывную воду и запыленный газовый поток подают в колонну противотоком. По мере продвижения газового потока снизу вверх колонны пыль захватывается водной поверхностью, вода загрязняется твердыми частицами, растворимыми веществами и в виде шлама выводится из нижней части колонны.

В форсуночных скрубберах запыленный газовый поток подается через патрубок в нижней части скруббера и направляется на зеркало воды, где отделяются наиболее крупные частицы пыли. Далее газовый поток, содержащий мелкодисперсную пыль, распределяется по всему сечению аппарата, поднимается вверх навстречу потоку капель воды, подаваемых через форсуночные пояса. По мере продвижения газового потока снизу вверх аппарата пыль захватывается каплями воды, опускается в нижнюю часть аппарата и выводится в виде шлама.

Насадочные скрубберы используются в основном для предварительного охлаждения газа, улавливания тумана или хорошо растворимой пыли, например, сульфата натрия, присутствующего в дымовых газах содорегенерационных котлоагрегатов.

Наиболее распространенными аппаратами мокрой очистки газов являются скрубберы Вентури (см. рис. 2.5, в), которые состоят из орошающей форсунки, трубы Вентури и каплеуловителя.

Труба Вентури состоит из сужающегося участка (конфузора), в который подается очищаемый газ, и из расширяющегося участка (диффузора). Орошающая жидкость подается при помощи форсунок, распыляющих ее на капли, которые движутся со скоростью 30—40 м / с. Этот поток капель увлекает очищаемые газы. В трубе Вентури происходит осаждение частиц пыли на каплях жидкости, зависящая от поверхности капель и скорости частиц жидкости и пыли в диффузорной части. Степень очистки в значительной мере зависит от равномерности распределения капель жидкости по сечению конфузорной части трубы Вентури. В диффузорной части скорость потока снижается до 15—20 м / с и подается в каплеуловитель. Каплеуловитель представляет собой прямоточный циклон. Скрубберы Вентури обеспечивают высокую эффективность очистки аэрозолей (до 99%) со средним размером частиц 1—2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г / м³.

К недостаткам мокрых пылеулавливающих аппаратов относятся: образование шлама, требующего дополнительных специальных

систем для его переработки; вынос в атмосферу водяных паров; повышенная коррозия аппаратов и газоходов; ухудшение условий рассеивания загрязнений через заводские трубы.

2.1.2 Методы очистки выбросов промышленных предприятий от газообразных выбросов

Промышленные газовые выбросы могут содержать токсичные для биоты неорганические и органические вещества. Среди них наиболее опасны: оксиды серы, азота, углерода (СО), аммиак, хлористый водород, фтористый водород, хлор, пары летучих органических соединений: ацетона, бензола, толуола, ксилола, фенола, метилэтилкетона, низших спиртов, гептана, сероуглерода, эфиров, галогенуглеводородов (фтор- и хлорпроизводных), бензина. Общим для всех загрязнений данной группы является то, что при обычных атмосферных условиях (давление, температура) эти вещества находятся в газообразном состоянии в потоке очищаемого газа. Эти загрязнения отличаются по растворимости в воде и другим физико-химическим и химическим свойствам, что используется при выборе метода очистки.

В зависимости от типа процесса методы очистки промышленных газовых выбросов от газообразных загрязнений и паров подразделяются на шесть основных групп (табл. 2.3), каждой из которых соответствуют определенные аппараты:

Т а б л и ц а 2.3 — Методы очистки промышленных газовых выбросов от газообразных и парообразных загрязнений

Метод очистки	Тип процесса	Аппараты
Абсорбционный	Поглощение загрязнений растворителем (водой) с образованием раствора	Насадочные башни; скрубберы; барботажно-пенные аппараты и др.
Хемосорбционный	Химическое взаимодействие загрязнений с жидкими сорбентами (поглотителями) с образованием малолетучих или мало-растворимых химических соединений	Насадочные башни; скрубберы; распылительные аппараты и др.
Адсорбционный	Адсорбция загрязнений на поверхности твердого вещества	Адсорберы

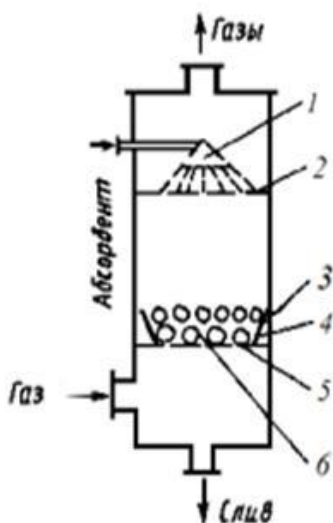
Окончание табл. 2.3

Метод очистки	Тип процесса	Аппараты
Термический	Окисление загрязнений кислородом воздуха при высоких температурах с образованием нетоксичных (менее токсичных) соединений	Камеры сжигания и др.
Каталитический	Каталитическая химическая реакция загрязнений с другими загрязнителями или добавленными веществами с образованием нетоксичных (менее токсичных) соединений	Каталитические и термокаталитические реакторы
Биохимический	Трансформация загрязнений под воздействием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами	Биофильтры; биоскрubberы

Абсорбционные методы основаны на различиях в растворимости веществ в определенных растворителях (табл. 2.4). При контакте загрязненного газового потока с жидким растворителем пары определенных загрязнений поглощаются растворителем — абсорбентом с образованием раствора. Наиболее дешевым и доступным в промышленных условиях растворителем является вода.

Т а б л и ц а 2.4 — Абсорбенты, применяемые для очистки отходящих газов

Поглощаемые компоненты	Абсорбенты
N_2O_3 , NO_5	Вода, водные растворы и суспензии $NaOH$, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, KOH , K_2CO_3 , $KHCO_3$, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$, $Ba(OH)_2$, NH_4HCO_3
NO	Растворы $FeCl_2$, $FeSO_4$, $Na_2S_2O_3$, $NaHCO_3$, Na_2SO_3 , $NaHSO_3$
SO_2	Вода, водные растворы Na_2SO_3 (18—25%), NH_4OH (5—15%), $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 (15—20%), $NaOH$ (15—25%), KOH , $(NH_4)_2SO_3$ (20—25%), $ZnSO_3$, K_2CO_3 , суспензии CaO , MgO , $CaCO_3$, ZnO
H_2S	Водные растворы $Na_2CO_3+Na_3AsO_4$ (Na_2HAsO_3), As_2O_3 (8—10 г/л) + $NH_3+(NH_4)_3AsO_3$ (3,5—6 г/л), моноэтаноламин (10—15%), растворы K_3PO_4 (40—50%), NH_4OH , K_2CO_3 , $CaCN_2$
CO	Жидкий азот; медно-аммиачные растворы $[Cu(NH_3)_x \times COCH$
CO_2	Водные растворы Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, NH_4OH , этаноламины RNH_2 , R_2NH
Cl_2	Растворы $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $MgCO_3$, $CaCO_3$, $Na_2S_2O_3$, тетрахлоридметан CCl_4
HF , SiF_4	Na_2CO_3 , $NaOH$, $Ca(OH)_2$



1 — ороситель; 2 — верхняя опорная ограничительная решетка; 3 — кольцевая зона; 4 — кольцевой элемент; 5 — нижняя опорная ограничительная решетка; 6 — центральная зона

Рисунок 2.6 — Схема абсорбера с подвижной насадкой

Процесс поглощения загрязнений растворителем проводится одним из следующих способов: загрязненный газовый поток пропускается через насадочную колонну, орошаемую растворителем (водой), (рис. 2.6) контактирует с каплями жидкости, распыляемой форсунками, барботируется через слой жидкости. Чистый растворитель вводится в верхнюю часть аппаратов абсорбционной очистки, а из нижней части аппаратов отбирается отработанный раствор. Очищенный газ из верхней части аппаратов выводится в атмосферу. Полученный раствор подвергается обычно регенерации, т. е. очищается от загрязнений и снова возвращается в аппарат. Концентрат загрязняющих веществ используется в качестве вторичного материального ресурса или отхода.

Таким образом, в атмосферу загрязнения не поступают, но могут загрязнять почву в виде твердых отходов или поступать в водоемы и водотоки в составе сточной воды, если не применяются в производственном процессе малоотходные или безотходные технологии.

Хемосорбционные методы основаны на химическом взаимодействии газообразных или парообразных загрязнений с твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений. Используемые в методе реакции, как правило, обратимы. Потому при определенных условиях возможно смещение равновесия в сторону обратной реакции, т. е. десорбция поглощаемого вещества, регенерация хемосорбента. Аппараты хемосорбционной очистки похожи на аппараты абсорбционной очистки. Общим недостатком этих аппаратов является образование большого количества отходов.

Адсорбционные методы основаны на явлении избирательной адсорбции (поглощения и концентрирования) загрязнений на поверхности твердых тел. В адсорбционных методах очистки используются сорбенты, имеющие пористую структуру и, следовательно, большую удельную поверхность. Например, удельная поверхность единицы массы активированного угля достигает 10^6 м² / кг. Такие сорбенты применяют для очистки газов от паров органических растворителей, удаления неприятных запахов и др. Основными промышленными сорбентами являются активированный уголь, глинозем, силикагель, синтетические цеолиты. При выборе адсорбента основное внимание уделяется его селективности и адсорбционной способности по отношению к извлекаемому компоненту.

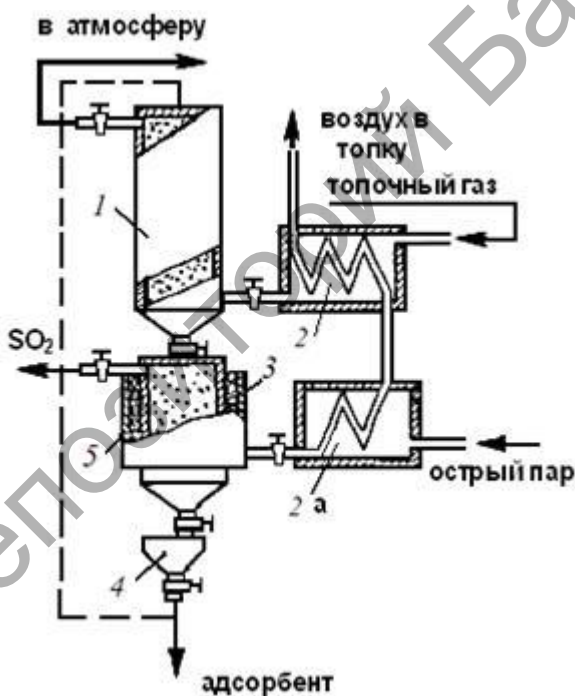
Аппараты для адсорбционной очистки газов представляют собой вертикальные, горизонтальные или кольцевые емкости, заполненные пористым адсорбентом, через слой которого пропускается поток очищаемого газа. За время контакта загрязнения задерживаются поверхностью адсорбента, а из аппарата выводится газ, который может содержать инертные примеси, не взаимодействующие с адсорбентом или незначительно им поглощаемые. Регенерацию адсорбента проводят продувкой нагретым водяным паром.

Термическая нейтрализация загрязненных газовых выбросов основана на окислении загрязнений кислородом воздуха при высоких температурах до менее токсичных соединений. Метод применим для очистки газовых выбросов, содержащих пары органических соединений, но не содержащих таких загрязнений, как галогены, сера, фосфор и их соединения. Ограничение обусловлено тем, что при горении указанных соединений образуются, как правило, продукты, превышающие по токсичности исходные загрязнения.

Процесс очистки может проводиться: прямым сжиганием загрязнений в пламени с температурой 600—800°С в присутствии катализаторов или без них, окислением при температурах 250—450°С. Прямое сжигание (факел) применяют для горючих газообразных отходов технологического процесса. Например, если отходящие газы содержат водород, летучие углеводороды, метан в больших концентрациях и температура их достаточна для горения, то такая газовая смесь будет гореть. В пламени проходит окисление других примесей.

На рисунке 2.7 представлена схема адсорбционной установки для удаления SO_2 из горячего топочного газа. Основным агрегатом установки служит адсорбер 1, который заполнен древесным активированным углем.

Горячий топочный газ проходит теплообменник 2, подогревает воздух, поступающий в топку и подается в нижнюю часть адсорбера, где при температуре $150\text{--}200^\circ\text{C}$ происходит улавливание SO_2 . Очищенный дымовой газ выбрасывается в атмосферу через дымовую трубу. Адсорбент после насыщения переводится в десорбер 5, где с помощью подогревателя 3 поддерживается температура $300\text{--}600^\circ\text{C}$. В десорбер подается нагретый в теплообменнике «острый»



1 — адсорбер; 2 — теплообменник;
3 — подогреватель; 4 — бункер; 5 — десорбер

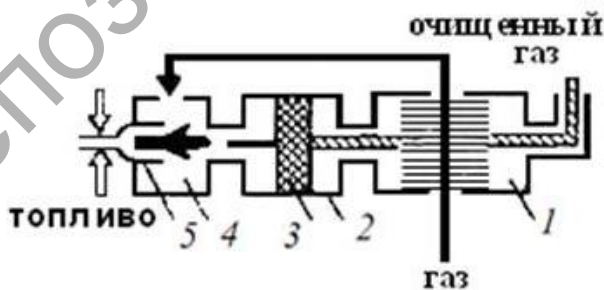
Рисунок 2.7 — Схема адсорбционной установки с регенерацией адсорбента

водяной пар, обеспечивающий извлечение SO_2 из пор адсорбента. Богатый оксидом серы пар выводится из десорбера и может быть использован. Регенерированный адсорбент поступает в бункер и затем с помощью ковшового элеватора — в верхнюю часть адсорбера.

Термическое окисление при более низких температурах проводят в случаях, когда концентрация горючих примесей мала и они не обеспечивают требуемой высокой температуры газового потока, или в газовой смеси недостаточно кислорода для горения.

Каталитическое окисление проводят для того, чтобы получить менее токсичные продукты горения за счет образования определенных промежуточных соединений веществ газовой смеси с катализатором. В очищаемый газ при необходимости могут вводиться дополнительные вещества, участвующие в каталитической реакции с веществами-загрязнениями с образованием менее токсичных промежуточных продуктов. В промышленности в качестве катализаторов чаще применяются химически инертные металлы: платина, палладий. Процесс проводится в каталитических и термокаталитических реакторах.

На рисунке 2.8 представлен каталитический реактор, предназначенный для окисления толуола, содержащегося в газоздушных выбросах цехов окраски. Воздух, содержащий примеси толуола, подогревается в межтрубном пространстве теплообменника-рекуператора 1, откуда по переходным каналам поступает в подогреватель 4.



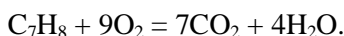
1 — теплообменник-рекуператор; 2 — контактное устройство; 3 — катализатор; 4 — подогреватель; 5 — горелка природного газа

Рисунок 2.8 — Схема каталитического реактора

Продукты сгорания природного газа, сжигаемого в горелках 5, смешиваются с воздухом, повышая температуру до 250—350°C, т. е. до уровня, обеспечивающего оптимальную скорость окисления толуола на поверхности катализатора.

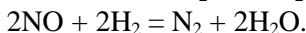
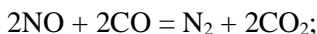
Процесс химического превращения происходит на поверхности катализатора 3, размещенного в контактном устройстве 2. В качестве катализатора применена природная марганцевая руда (пиромзит) в виде гранул, промотированных азотнокислым палладием.

В результате окисления толуола образуются нетоксичные продукты (диоксид углерода и водяные пары):

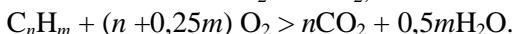
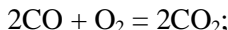


Смесь воздуха и продуктов реакции при температуре 350—450°C направляется в рекуператор 1, где отдает тепло газовоздушному потоку, идущему на очистку, и затем через выходной патрубок выводится в атмосферу. Эффективность очистки такого реактора составляет 95—98%.

Каталитические методы очистки применяют и для нейтрализации выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей [35]. Для нейтрализации в отработавших газах NO_x , CO и C_nH_m применяют двухступенчатый каталитический нейтрализатор, состоящий из последовательно соединенных восстановительного и окислительного катализаторов. Отработавшие газы через патрубок поступают к восстановительному катализатору. На этом катализаторе нейтрализация оксидов азота происходит по реакциям



Основными процессами являются окисление оксидов углерода и углеводородов:



Результаты испытаний автомобиля с двухступенчатым каталитическим нейтрализатором (восстановительный электрод — медноникелевый, окислительный — платиновый) приведены в таблице 2.5.

Т а б л и ц а 2.5 — Эффективность работы каталитического нейтрализатора

Автомобиль	Концентрация токсичных веществ, мг / м ³		
	NO _x	CO	C _x H _y
Без нейтрализатора	1 760	9 100	100
С нейтрализатором	280	3 500	46

В случае применения *биохимических методов* очистки газовых выбросов от загрязнений катализаторами процессов превращения загрязняющих веществ в менее токсичные являются живые микроорганизмы. Для успешной реализации этих методов необходимо обеспечить такие условия, при которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов. Процесс может проводиться в биофильтрах и биоскруберах. Принципиальное отличие биофильтров от аналогичного типа аппаратов других методов газоочистки заключается в том, что фильтрующим элементом является почва, торф или другой материал, на поверхности и в объеме которого создаются условия для поддержания жизнедеятельности сообщества микроорганизмов. Основное отличие биоскруберов состоит в том, что поток газа контактирует не с каплями жидкости, а с каплями суспензии активного ила. Биохимический метод пока широкого применения не находит из-за сложности обеспечения стабильной жизнедеятельности сообщества микроорганизмов. Но по своей сущности это наиболее экологичный метод очистки, обеспечивающий при должном подборе видов микроорганизмов наиболее эффективную очистку по отношению к живым организмам.

2.1.3 Особенности очистки от отдельных загрязнителей

При очистке промышленных выбросов от газообразных загрязнителей приоритет отдается определенным методам, исходя из вида вещества-загрязнителя и его свойств.

Оксиды углерода CO₂ и CO в воздухе присутствуют в газообразном состоянии. Продолжительность их пребывания в приземном слое атмосферы определяется свойствами оксидов и параметрами среды (температура, давление, влажность и т. п.). Оксид углерода CO₂ значительно легче чем CO выводится из атмосферы в процессе ее самоочищения.

Основное внимание к диоксиду углерода CO обращено в связи с тем, что он на 63% ответственен за накопление тепла в атмосфере и возникновение парникового эффекта.

Оксид углерода CO чрезвычайно токсичен. Основная его опасность для животных и человека обусловлена способностью связываться с гемоглобином крови и образовывать карбоксигемоглобин Hb-CO. При содержании карбоксигемоглобина в крови в концентрации 10% (безопасная концентрация — 0,3—0,5%) симптомом отравления является ослабление зрения, легкая головная боль. При увеличении концентрации возникают боли в голове, утомляемость, потеря сознания, паралич. При концентрации 60% Hb-CO в крови прекращается дыхание и наступает смерть [70].

Переносясь на большие расстояния от источников выброса, CO долго может находиться в неизменном виде в приземном слое атмосферы. Очистка промышленных газов от CO₂ и CO основана на их физических и химических свойствах.

Большая токсичность CO обуславливает необходимость тщательной очистки от него промышленных газов, выбрасываемых в атмосферу. При очистке загрязненных газов от CO используются следующие его свойства: возможность окисления до CO₂; способность вступать в реакции комплексообразования. Методы очистки представлены в таблице 2.6.

Т а б л и ц а 2.6 — Методы очистки газов от оксидов углерода

Метод	Основные процессы метода
Абсорбция CO ₂ водой	Абсорбция: $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$; регенерация сорбента: $H_2CO_3 = H_2O + CO_2$
Абсорбция CO ₂ этаноламином	Абсорбция: $(RNH_2)_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2(RNH_2)HCO_3$; регенерация сорбента: $2(RNH_2)HCO_3 = (RNH_2)_2CO_3 + CO_2 + H_2O$
Метанирование CO и CO ₂	$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$, $CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O$ (катализатор на основе оксидов NiO, Al ₂ O ₃)
Абсорбция медноаммиачным раствором CO и CO ₂	Абсорбция: $[Cu(NH_3)_2]^+ + CO + NH_3 = [Cu(NH_3)_3CO]^+$; регенерация сорбента: $[Cu(NH_3)_3CO]^+ = [Cu(NH_3)_2]^+ + CO + NH_3$, $NH_3 + H_2O = NH_4OH$, $2NH_4OH + CO_2 = (NH_4)_2CO_3 + H_2O$, $(NH_4)_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NH_4HCO_3$
Конверсия CO с водяным паром	$CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (катализатор на основе оксидов железа)

Абсорбция CO₂ водой — один из простейших методов очистки газообразных выбросов от оксида углерода (IV).

Максимальная поглотительная способность воды составляет 8 кг CO₂ на 100 кг воды. Раствор CO₂ в воде перекачивается в дегазатор, где CO₂ выделяется из раствора и выводится из аппарата для дальнейшего использования или химической переработки. Вода из дегазатора подается в поглотительную колонну для использования в следующем аналогичном цикле. Основные преимущества данного метода заключаются в следующем: отсутствие токсичных отходов, выбрасываемых в природные среды, экономичность, доступность растворителя (вода), относительная простота технологического процесса и применяемых аппаратов. К существенным недостаткам метода относится небольшая поглотительная емкость воды по CO₂, недостаточная чистота выделяемого CO₂.

Абсорбция CO₂ этаноламинами обладает рядом преимуществ по сравнению с абсорбцией CO₂ водой и является наиболее распространенным методом очистки промышленных газообразных выбросов от этого компонента. Большая по сравнению с водой эффективность этаноламинов обусловлена, прежде всего, наличием щелочных свойств у моно-, ди- и триэтаноламинов. Как следствие, данные растворители способны эффективно поглощать из загрязненных газовых сред не только CO₂, но и другие загрязнения, обладающие кислотными свойствами, например, сероводород. Моноэтанолламин хорошо поглощает также оксид углерода CO₂ (II).

В промышленности чаще применяют моноэтанолламин как абсорбент, эффективный по отношению к нескольким компонентам, недорогой, легко поддающийся регенерации. Технологическая схема процесса обычная для абсорбционных процессов.

Метанирование CO и CO₂ применяется для очистки газов, содержащих небольшие остаточные количества CO. Очистка газов основана на экзотермической реакции гидрирования CO в присутствии катализаторов. Одновременно из очищаемого газа удаляется CO₂ и кислород. Образующийся метан может далее сжигаться, если не используется в технологическом процессе.

Абсорбция CO и CO₂ медноаммиачным раствором используется для глубокой очистки газов от CO. Процесс основан на способности комплексного медно-аммиачного соединения поглощать CO под высоким давлением с образованием соответствующего комплексного

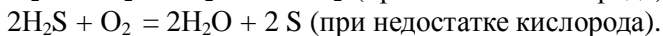
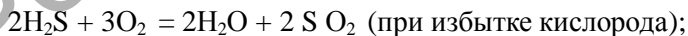
соединения $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}]^+$. При нагревании последнего СО легко удаляется, что объясняет возможность легкой регенерации поглотительного раствора. Улавливаемый оксид углерода СО следует далее на другие ступени очистки (например, на окисление до CO_2). Процесс абсорбции проводят при высоком давлении и температуре, близкой к 0°C . Десорбцию СО проводят при атмосферном давлении и температуре около 80°C . Технологическая схема процесса обычная для абсорбционных процессов.

Конверсия СО с водяным паром. Окисление СО до CO_2 в промышленных условиях проводится с использованием различных реагентов, но наиболее распространенными реагентами являются водяной пар и метан. Конверсия СО с водяным паром проводится в присутствии железных окисных катализаторов ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$), реакция $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ экзотермична.

Сероводород H_2S — бесцветный газ с характерным запахом, хорошо растворим в воде. Сероводород очень токсичен. При концентрации сероводорода в воздухе $0,004 \text{ мг/л}$ ощущается сильный запах. При более высоких концентрациях этого газа в воздухе возможны сильные отравления у людей, вплоть до летальных исходов из-за остановки дыхания. ПДК сероводорода в воздухе рабочей зоны составляет 10 мг/м^3 , а в присутствии углеводородов — 3 мг/м^3 . Максимальная разовая и среднесуточная ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов равна $0,008 \text{ мг/м}^3$.

Методы очистки газовых выбросов от сероводорода основаны таких его свойствах, как хорошая растворимость в воде с образованием слабой кислоты, способности окисляться с образованием различных продуктов (табл. 2.7).

Сероводород может гореть на воздухе с образованием серы или оксида серы в зависимости от условий проведения процесса:



Очистка промышленных газовых выбросов от сероводорода может проводиться как мокрым, так и сухим способами. В мокрых методах очистки содержащие сероводород газы контактируют с поглотительными растворами, в состав которых входят компоненты, способные химически взаимодействовать с сероводородом. В сухих

Т а б л и ц а 2.7 — Методы очистки газов от сероводорода

Метод	Основные процессы метода
Мышьяково-содовый метод очистки газов от H ₂ S	Абсорбция: $\text{Na}_4\text{As}_2\text{S}_5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{Na}_4\text{As}_2\text{S}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O}$; регенерация сорбента: $\text{Na}_4\text{As}_2\text{S}_6\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{Na}_4\text{As}_2\text{S}_5\text{O}_2 + \text{S}$
Фосфатный метод очистки газов от H ₂ S	$\text{H}_2\text{S} + \text{K}_3\text{PO}_4 = \text{K}_2\text{HPO}_4 + \text{KHS}$
Железо-содовый метод очистки газов от H ₂ S	Абсорбция: $\text{H}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{NaHS} + \text{NaHCO}_3$, $3\text{NaHS} + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{S}_3 + 3\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O}$, $3\text{NaHS} + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 = 2\text{FeS} + \text{S} + 3\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O}$; регенерация сорбента: $2\text{Fe}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{S}$, $4\text{FeS} + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{S}$
Адсорбция H ₂ S цеолитами	Адсорбция: $\text{H}_2\text{S} + \text{NaA} \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{NaA})$; регенерация сорбента: $\text{H}_2\text{S}(\text{NaA}) \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{NaA}$
Адсорбция H ₂ S активированным углем	Адсорбция: $\text{H}_2\text{S} + (\text{уголь}) + \text{O}_2$; каталитическое окисление: $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$

способах очистки газов от сероводорода используются сорбенты различной природы. Поглощение сероводорода происходит в результате течения обратимых химических реакций и процессов сорбции — десорбции.

Мышьяково-содовый метод очистки газов от H₂S основан на хемосорбции сероводорода тиоарсенатом натрия. Абсорбцию и регенерацию сероводорода проводят при температуре 40—45°C в скрубберах различной конструкции. Абсорбцию и регенерацию сероводорода проводят при температурах 40—45°C.

К достоинствам метода относится селективность очистки по отношению к сероводороду, высокая эффективность очистки (степень выделения сероводорода достигает 98%).

Фосфатный метод очистки газов от H₂S основан на хемосорбции сероводорода раствором фосфата калия. Данный метод очистки газов от сероводорода обладает определенными преимуществами по сравнению с мышьяково-содовым методом: нелетучесть фосфата калия позволяет проводить процесс при более высоких

температурах, используемый поглотительный раствор позволяет селективно выделять сероводород из загрязненных газов, где его концентрация относительно высока и присутствует в значительных количествах CO_2 . Фосфат калия может взаимодействовать с очищаемым газом с выделением в аппаратах очистки нерастворимых карбонатов, потому при повышенном содержании в промышленных газах CO_2 процесс проводят с использованием 35% раствора фосфата калия. Степень очистки газов от сероводорода в фосфатном методе несколько ниже, чем в мышьяково-содовом, остаточное содержание сероводорода около $1,5 \text{ г} / \text{м}^3$.

Железо-содовый процесс очистки газов от H_2S проводится на ряде химических предприятий. В основе метода лежит процесс поглощения сероводорода суспензией гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в растворе соды Na_2CO_3 в щелочной среде (рН 8,5—9,0).

При регенерации поглотительного раствора сульфиды железа окисляются кислородом воздуха с выделением элементарной серы, которая представляет собой товарный продукт.

Очистка газов от H_2S цеолитами. Цеолиты — группа минералов из класса алюмосиликатов (натрия, кальция), являются эффективными сорбентами, отличающимися высокой адсорбционной способностью и селективностью по отношению к сероводороду. Процесс можно проводить в присутствии CO_2 , который хоть и сорбируется вместе с сероводородом, но значительно легче десорбируется. На начальной стадии очистки из загрязненного газа извлекаются как сероводород H_2S , так и углерод CO_2 . Затем сероводород H_2S вытесняет из сорбента CO_2 , содержание которого в выходящем из адсорбера газе начинает возрастать. Процесс может быть остановлен при любом экономически и технологически оправданном содержании CO_2 в очищаемой газовой смеси.

Очистка газов от H_2S активированным углем состоит в адсорбции сероводорода на поверхности угля и последующем окислении H_2S кислородом воздуха до элементарной серы. Активированный уголь одновременно является адсорбентом и катализатором окисления сероводорода. Каталитические свойства сорбента усиливают путем нанесения на его поверхность других веществ — катализаторов окисления сероводорода, например, йода, йодистого калия. Образующаяся на поверхности и в объеме пор сорбента элементарная сера снижает его активность, поэтому периодически проводят

регенерацию угля. Для этого серу вымывают из сорбента специальным растворителем. Далее промытый уголь очищают от растворителя, сушат. При этом возникает проблема рекуперации растворителя, а также проблема очистки газовых выбросов от паров растворителя. Процесс поглощения сероводорода активированным углем не находит широкого применения еще и потому, что в аппаратах очистки возможно протекание сильно экзотермичной реакции окисления сероводорода до серной кислоты, что может быть причиной возгорания угля.

Поглощение и химическое превращение сероводорода в элементарную серу используется в процессах очистки промышленных газов от органических сернистых соединений.

Сернистый газ SO_2 (диоксид серы) — одно из основных загрязнений атмосферного воздуха, оказывающее сильное негативное воздействие на живые организмы.

У человека он вызывает заболевания дыхательной системы — псевдокрупозное воспаление легких, астму, отек легких [15].

В обычных условиях диоксид серы — бесцветный газ с резким характерным запахом. В атмосфере он постепенно окисляется до серного ангидрида SO_3 , а последний при взаимодействии с водой образует серную кислоту. Из атмосферы сернистый газ и продукты его химических превращений вымываются с осадками, поступая в водные экосистемы, почву. Время пребывания сернистого газа в атмосфере зависит от многих факторов и составляет от нескольких часов до 4—5 суток. ПДК_{ср.с} этого вещества в воздухе составляет $0,005 \text{ мг / м}^3$.

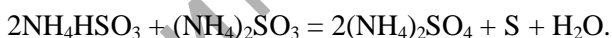
Способы улавливания SO_2 из загрязненных промышленных газов основаны на способности его взаимодействовать с водой, основными оксидами, некоторыми солями (табл. 2.8).

Т а б л и ц а 2.8 — Методы очистки газов от SO_2

Метод	Основные процессы метода
Известковый метод очистки газов от SO_2	$SO_2 + CaCO_3 = CaSO_3 + CO_2$; $SO_2 + CaO = CaSO_3$; $SO_2 + Ca(OH)_2 = CaSO_3 + H_2O$; $2CaSO_3 + O_2 = 2 CaSO_4$
Аммиачный метод очистки газов от SO_2	$SO_2 + (NH_4)_2SO_3 + H_2O = 2 NH_4HSO_3$
Поглощение SO_2 углеродными пористыми сорбентами	$(SO_2 + H_2O + O_2) \rightarrow \text{уголь}$; $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$; $H_2SO_3 + \frac{1}{2} O_2 = H_2SO_4$

Известковый метод очистки газов от SO₂ — один из наиболее простых в техническом отношении методов и наиболее распространенный в мире [52]. Однако в процессе очистки образуются твердые отходы, не находящие широкого применения. Поэтому метод используется только при небольших содержаниях SO₂ в очищаемом газе и основан на необратимом химическом взаимодействии сернистого газа с известняком (известью или мелом), в результате чего образуется сульфит кальция, окисляющийся на воздухе до сульфата кальция.

Аммиачный метод очистки газов от SO₂ имеет несколько вариантов, отличающихся условиями проведения процесса. Однако во всех вариантах этого метода первая стадия одинакова — это поглощение сернистого газа водным раствором сульфита аммония с образованием гидросульфита аммония. Далее варианты метода отличаются по направлениям переработки гидросульфита аммония. Наибольший интерес, с точки зрения эколога, представляют те методы, в которых происходит превращение SO₂ в какой-либо продукт, используемый в других производствах или в сфере потребления. При таком подходе более интересен аммиачно-автоклавный метод. Здесь на второй стадии процесса гидросульфит аммония разлагается в автоклаве при повышенных температурах и давлениях с получением в качестве товарных продуктов серы и сульфата аммония:



Поглощение SO₂ углеродными пористыми сорбентами является одним из наиболее перспективных методов. При контакте содержащего SO₂ газа с пористым сорбентом вначале происходит сорбция SO₂ и других компонентов загрязненного газа на активной поверхности сорбента. Далее в результате взаимодействия сорбированных веществ между собой образуются вещества, представляющие собой полезные продукты, — сернистая или серная кислота.

Оксиды азота NO_x, как и сернистый газ, являются одним из основных загрязнений атмосферы. Источниками загрязнения атмосферы оксидами азота являются процессы сжигания топлива, а также производства азотной кислоты, минеральных удобрений.

Оксиды азота играют ключевую роль в образовании фотохимического смога, разрушают озоновый слой, влияют на растения.

Среди всех оксидов азота наиболее устойчив в атмосфере оксид азота NO_2 (IV). ПДК установлена для всех оксидов азота в пересчете на NO_2 и составляет $0,085 \text{ мг / м}^3$ в воздухе населенных пунктов. Наиболее эффективным способом очистки промышленных газовых выбросов от оксидов азота является каталитическое восстановление их до молекулярного азота. При этом в качестве восстановителей могут использоваться CO , H_2 , CH_4 , NH_3 . Катализаторами являются металлы подгруппы платины на различных носителях.

2.1.4 Рассеивание выбросов промышленных предприятий в атмосфере

Аэродисперсные системы, газы, пары, образующиеся в технологическом процессе предприятия в виде отходов, как правило, содержат компоненты, способные оказывать негативное воздействие на биоту и человека в определенных концентрациях. При существующих технологиях получения целевых продуктов и способах очистки выбросов уменьшение концентраций опасных загрязнений в окружающей среде обеспечивают путем рассеивания загрязненных газов через высокие трубы на больших расстояниях от источников выброса. При этом предполагают, что достигается только такой уровень аэротехногенного загрязнения окружающей среды, при котором еще возможно естественное самоочищение всех природообразующих сфер (вода, воздух, почва).

Загрязнение окружающей среды при рассеивании выбросов предприятий через высокие трубы зависит от многих факторов: высоты трубы, скорости выбрасываемого газового потока, расстояния от источника выброса, наличия нескольких близко расположенных источников выбросов, метеорологических условий и др.

Направление переноса выбросов определяется направлением ветра, а высота подъема выбросов — его скоростью.

С увеличением высоты трубы и скорости выбрасываемого газового потока эффективность рассеивания загрязнений увеличивается, т. е. рассеивание выбросов происходит в большем объеме атмосферного воздуха, над большей площадью поверхности земли.

Трубы строят высотой $180\text{—}250$ м и более. Для повышения скорости истечения газов из устья трубы применяют факельный способ

выброса, предусматривающий наличие на конце трубы специального устройства — конфузора с направляющими насадками. Эти устройства позволяют увеличить дальность выходящей струи газа.

Если предприятие находится вблизи жилых домов (на расстоянии не более 5-кратной высоты зданий), то рекомендуемая эффективная высота выброса должна составлять не менее 2,5 высоты здания.

Горизонтальное перемещение выбрасываемого газового потока определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное — характером изменения температуры наружного воздуха в вертикальном направлении вблизи трубы.

На распространение выбросов существенно влияет и температура отдельных слоев воздуха. Обычно в тропосфере температура падает на 1°C с увеличением высоты на 100 м. Если температура окружающего воздуха понижается с высотой, нагретые конвекционные струи воздуха поднимаются вверх, а взамен их опускаются холодные. Такие условия называются **неустойчивыми конвективными**. Если вертикальный градиент температуры становится отрицательным (температура с высотой возрастает), то вертикально поднимающийся поток воздуха становится холоднее окружающих масс и его движение затухает. Такие условия называются **устойчивыми инверсионными**.

Если при ослаблении ветра до штиля наблюдается инверсия, то может образоваться «потолок», препятствующий подъему выбросов. Концентрация примесей у земли при этом возрастает. Поэтому для состояния атмосферы в городах большую опасность представляет приземная инверсия температуры в сочетании со слабыми ветрами, т. е. ситуация «застоя» воздуха.

Туманы на содержание загрязняющих веществ в атмосфере влияют следующим образом: капли тумана поглощают примесь, причем не только вблизи подстилающей поверхности, но и из вышележащих наиболее загрязненных слоев воздуха. Вследствие этого концентрация примесей сильно возрастает в слое тумана и уменьшается над ним. Растворение сернистого ангидрида SO₂ в каплях тумана приводит к образованию более токсичного соединения — серной кислоты.

Наибольшее загрязнение атмосферы возможно при слабых ветрах 0—5 м/с при рассеивании выбросов на малых высотах в приземном слое атмосферы. При выбросах из высоких источников наименьшее

рассеивание загрязнений имеет место при скоростях ветра 1—7 м / с (в зависимости от скорости выхода струи газа из устья трубы).

Даже при наличии сравнительно небольших возвышенностей существенно изменяется микроклимат в отдельных районах и характер рассеивания загрязнений. В пониженных местах образуются застойные, плохо проветриваемые зоны с повышенной концентрацией загрязнений. Если на пути загрязненного потока находятся здания, то над зданием скорость воздушного потока увеличивается, сразу за зданием — снижается, постепенно увеличиваясь по мере удаления, и на некотором расстоянии от здания скорость потока воздуха принимает первоначальное значение. Аэродинамическая тень — плохо проветриваемая зона, образующаяся при обтекании здания потоком воздуха. В зависимости от типа зданий и характера застройки образуются различные зоны с замкнутой циркуляцией воздуха, что может оказывать существенное влияние на распределение загрязнений.

Только низкие источники выбросов, не превышающие высоты крыши здания, загрязняют циркуляционные зоны зданий.

Методика расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах, основана на определении концентраций этих веществ ($\text{мг} / \text{м}^3$) в приземном слое воздуха. Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ определяется по наибольшему рассчитанному значению концентрации вредных веществ, которое может установиться на некотором расстоянии от источника выброса при наиболее неблагоприятных метеоусловиях (скорость ветра достигает опасного значения, наблюдается интенсивный турбулентный вертикальный обмен и др.). Расчет рассеивания выбросов проводится по ОНД-86 [19; 39].

Переход от труб высотой 25 м к высоте 250 м приравняется некоторыми авторами к очистке дымовых газов на 99%. Однако натурные исследования показывают, что к сооружению высотных труб в плотнонаселенных районах, городских агломерациях надо подходить осторожно, а в ряде случаев и вообще избегать, так как максимальная концентрация вредных веществ, нередко превышающая в 5—10 раз ПДК, наблюдается и за 6—8 км от источника выбросов. Очаги сплошного поражения растительности вокруг источников выбросов такой силы наблюдается в радиусе до 8 км [11].

2.1.5 Санитарно-защитные зоны. Биоинженерная защита природной среды

Предприятие, выбрасывающее в окружающую среду вредные вещества, должно быть отделено от жилой застройки санитарно-защитной зоной (СЗЗ), под которой в соответствии со ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха» понимается часть территории вокруг источника загрязнения, устанавливаемая с целью снижения уровней загрязнения до установленных нормативов и уменьшения отрицательного влияния на здоровье человека.

Размеры СЗЗ устанавливаются в зависимости от класса экологической безопасности предприятия, который зависит от таких показателей, как количество и вид выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ, мощность предприятия, особенности технологического процесса (табл. 2.9) [63].

Т а б л и ц а 2.9 — Размеры санитарно-защитной зоны

Предприятие (класс)	Примеры предприятий	Размеры санитарно-защитной зоны, не менее м
I	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предприятия по вторичной переработке цветных металлов (меди, свинца, цинка и др.) в количестве более 3 тыс. т / год. 2. Производство стали мартеновским и конверторным способами с цехами по переработке отходов. 3. Производство ртути и приборов с ртутью. 4. Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом мощностью до 1 млн т / год чугуна и стали. 5. Производство чугунного фасонного литья в количестве более 100 тыс. т / год. 6. Производство свинцовых аккумуляторов. 7. Производство самолетов, техническое обслуживание. 8. Предприятия автомобильной промышленности. 9. Производство стальных конструкций. 10. Производство вагонов с литейным и покрасочным цехами 	1 000
II	<ol style="list-style-type: none"> 1. Производство цветных металлов в количестве от 100 до 2 000 т / год. 2. Предприятия по вторичной переработке цветных металлов (меди, свинца, цинка и др.) в количестве от 2 до 3 тыс. т / год. 3. Производство чугунного фасонного литья в количестве от 20 до 100 тыс. т / год. 4. Производство металлических электродов (с использованием марганца). 	500

Продолжение табл. 2.9

Предприятие (класс)	Примеры предприятий	Размеры санитарно-защитной зоны, не менее м
	5. Производство фасонного цветного литья под давлением мощностью 10 тыс. т / год 6. Производство люминофоров. 7. Производство тракторных агрегатов. 8. Метизное производство. 9. Производство санитарно-технических изделий. 10. Предприятия мясо-молочного машиностроения	
III	1. Производство по обогащению металлов без горячей обработки. 2. Производство кабеля освинцованного или с резиновой изоляцией. 3. Производство чугунного фасонного литья в количестве от 10 до 20 тыс. т / год. 4. Предприятия по вторичной переработке цветных металлов в количестве до 1000 т / год. 5. Производство по выплавке чугуна при общем объеме доменных печей менее 500 м ³ . 6. Производство тяжелых прессов. 7. Производство машин и приборов электротехнической промышленности. 8. Производство приборов для электрической промышленности при отсутствии литейных цехов и без применения ртути. 9. Предприятия по ремонту дорожных машин, автомобилей, кузовов. 10. Производство координатно-расточных станков. 11. Производство металлообрабатывающей промышленности с чугунным, стальным (в количестве до 10 тыс. т / год) и цветным (в количестве до 100 т / год) литьем, и без литейных цехов. 12. Производство металлических электродов. 13. Типография. 14. Фабрика офсетной печати. 15. Предприятия по обслуживанию грузовых автомобилей	300
IV	1. Производство кабеля голого. 2. Производство котлов. 3. Производство щелочных аккумуляторов. 4. Предприятие металлоштамп. 5. Производство твердых сплавов и тугоплавких металлов при отсутствии цехов химической обработки руд. 6. Предприятия автосервиса по ремонту и (или) техническому обслуживанию легковых автомобилей более 10 постов и грузовых автомобилей. 7. Станции скорой медицинской помощи с громкоговорящей связью. 8. Сортировочно-прессовальные станции твердых бытовых отходов	100

Окончание табл. 2.9

Предприятие (класс)	Примеры предприятий	Размеры санитарно-защитной зоны, не менее м
V	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предприятия металлообрабатывающей промышленности с термической обработкой без литейных цехов. 2. Предприятия пневмоавтоматики. 3. Предприятие сельхоздеталь. 4. Типографии без применения свинца (офсетный, компьютерный набор). 5. Станции технического обслуживания легковых автомобилей до 10 постов (с малярно-жестяными работами). 6. Торговые комплексы, мелкооптовые рынки, продовольственные рынки и рынки промышленных товаров, минирынки. 7. Мойка автомобилей более чем на два поста. 8. Отдельно стоящие мастерские (ОДС, по ремонту бытовой техники, часов, обуви и т. д.). Автозаправочные станции для грузового и легкового транспорта, с количеством заправок более 500 в сутки. 9. Мини-химчистка, мини-прачечная производительностью не более 20 кг / час 	50

В санитарно-защитных зонах устанавливаются ограничения на осуществление градостроительной деятельности.

Санитарными правилами и нормативами не допускается размещение следующих объектов на территории санитарно-защитных зон, предприятий и в зоне их влияния:

- объектов для проживания людей;
- коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков;
- спортивных сооружений, парков, образовательных и детских учреждений, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений общего пользования.

В границах санитарно-защитной зоны допускается размещать:

- сельхозугодья для выращивания технических культур, не используемых для производства продуктов питания;
- предприятия, их отдельные здания и сооружения с производствами меньшего класса вредности, чем основное производство;
- пожарные депо, бани, прачечные, объекты торговли и общественного питания, мотели, гаражи, площадки и сооружения для хранения общественного и индивидуального транспорта, автозаправочные станции, а также связанные с обслуживанием данного

предприятия здания управления, конструкторские бюро, учебные заведения, поликлиники, научно-исследовательские лаборатории, спортивно-оздоровительные сооружения для работников предприятия, общественные здания административного назначения;

– нежилые помещения для дежурного аварийного персонала и охраны предприятий, помещения для пребывания работающих по вахтовому методу, местные и транзитные коммуникации, ЛЭП, электрические подстанции, нефте- и газопроводы, артезианские скважины для технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, питомники растений для озеленения промплощадки, предприятий и санитарно-защитной зоны.

Одна из функций санитарно-защитной зоны — биологическая очистка атмосферного воздуха средствами озеленения.

Санитарно-защитная зона для предприятий IV, V классов должна быть максимально озеленена (не менее 60% площади); для предприятий II и III класса — не менее 50; для предприятий I класса и зон большой протяженности — не менее 40 % ее территории.

Важной является и геометрия посадок. Если цель озеленения — наиболее полно перекрыть загрязненные потоки воздушных масс и защитить от шума места массового пребывания населения, то подбираются разновеликие деревья и кустарники, создающие подобие стены. Посадки должны производиться в несколько рядов.

При выбросе на предприятии тяжелых примесей следует создавать насаждения в виде полос ажурной конструкции, снижающих скорость ветра и способствующих задержанию и осаждению примесей.

Древесно-кустарниковые насаждения газопоглощительного назначения (фитофильтры) способны поглощать газообразные загрязняющие вещества. Например, установлено, что луговая и древесная растительность может связывать 16—90% сернистого газа. Роль отдельных компонентов биоценоза в связывании загрязнений зависит от периода вегетации и фотосинтетической активности, температуры, освещенности, влажности воздуха.

Например, для насаждений с фитомассой листьев и хвои 5 т / га уровень накопления серы составляет (на 1 га насаждений):

– физиологически допустимый — 150 кг (для лиственного леса), 36 кг (для хвойного леса);

- при слабых повреждениях (до 20%) — 300 кг и 83 кг соответственно;
- при средних повреждениях (40%) — 412 кг и 145 кг соответственно;
- при сильных повреждениях — 720—800 кг и 260 кг соответственно.

Для растительности определяют три уровня поглотительной способности:

- 1) физиологический (недопустимы некрозы и снижение фотосинтетической продуктивности);
- 2) биологический (допускается определенная степень повреждения листьев и хвои, снижение продуктивности и возможная гибель особо чувствительных видов);
- 3) максимальный (потенциальный) (возможна гибель растительности и засоление или отравление почв).

Площадь насаждений в СЗЗ зависит от класса промышленного предприятия. Ассортимент растений подбирают в соответствии с климатическими и почвенными условиями, составом и количествами загрязнений, расстояниями от источников выбросов (табл. 2.10). Обычно вблизи промышленных предприятий по состоянию растительности выделяют несколько характерных зон. В радиусе 100—500 м погибают многие древесные (в первую очередь хвойные) породы. В этой зоне следует высаживать наиболее устойчивые виды травянистых растений и некоторых кустарников. В радиусе 500—1 000 м возможно создание устойчивых газонов, защитных полос и других форм насаждений из устойчивых кустарников и древесных пород. В радиусе 1—2 км для озеленения используют среднеустойчивые и даже газо-чувствительные виды. Устойчивость фитофильтра в некоторых случаях можно повысить путем промывания лиственной массы.

Т а б л и ц а 2.10 — Некоторые виды растений, используемые для озеленения санитарно-защитных зон при различных загрязнениях

Загрязнение	Ассортимент растений (примеры)
Оксиды серы	<ul style="list-style-type: none"> - Айва японская, - арония черноплодная, - барбарис обыкновенный, - береза повислая, - груша обыкновенная;

Окончание табл. 2.10

Загрязнение	Ассортимент растений (примеры)
	<ul style="list-style-type: none"> - клен остролистный; - липа; - сирень обыкновенная; - туя западная; - черемуха обыкновенная; - чубушник; - яблоня домашняя; - ясень обыкновенный
Фенолы, ксилол	<ul style="list-style-type: none"> - Арония черноплодная; - вишня обыкновенная; - ель колючая серебристая; - липа; - роза (культурные сорта); - сирень обыкновенная; - туя западная
Оксиды азота	<ul style="list-style-type: none"> - Арония черноплодная; - барбарис обыкновенный; - береза повислая; - вишня обыкновенная; - груша обыкновенная; - ель колючая; - липа мелколистная; - лиственница; - сирень обыкновенная; - тополь; - туя западная; - форзиция; - чубушник

2.2 Технологии защиты водных ресурсов от загрязнения

Сточными водами называют воды, использованные промышленными или коммунальными предприятиями и населением и подлежащие очистке от различных примесей.

Промышленные сточные воды часто содержат загрязнители, образующие гетерогенные системы с различной степенью дисперсности загрязняющих веществ — взвеси, частицы дисперсной, фазы которых образованы нерастворимыми в воде твердыми веществами.

В зависимости от условий образования сточные воды подразделяются на:

- бытовые (в них примерно 58% органических веществ и 42% минеральных);

– атмосферные (образуются в результате выпадения осадков, стекая с территории предприятий, загрязняются органическими и минеральными веществами);

– промышленные (представляют собой жидкие отходы, возникающие при добыче и переработке органического и неорганического сырья).

В технологических процессах источниками сточных вод являются:

а) воды, образующиеся в результате химических реакций (загрязнены исходными веществами и продуктами реакций);

б) воды, находящиеся в виде свободной и связанной влаги в сырье и исходных продуктах и выделяющиеся в процессах переработки;

в) промывные воды (после промывки сырья, продуктов производства и оборудования);

г) маточные водные растворы;

д) водные экстракты и абсорбенты;

е) воды охлаждения;

ж) другие сточные воды (воды вакуум-насосов, конденсаторов смещения и т. д.).

Промышленные сточные воды от различных примесей очищают следующими методами:

– механическими;

– физическими;

– химическими;

– физико-химическими;

– биологическими.

Эффективность различных методов очистки сточных вод составляет:

– механические — 50—70%;

– химические — 80—90%;

– физико-химические — 90—95%;

– биохимические — 85—95%.

Необходимую степень очистки выбирают так, чтобы качество очищенной сточной воды соответствовало стандартным требованиям.

Примеси в сбрасываемых водах могут не соответствовать нормам ПДК, поскольку нужная концентрация может быть достигнута разбавлением в точке сброса воды. Кроме того, сточные воды одного производства могут быть использованы при очистке, обезвреживании сточных вод другого производства.

Для удаления загрязнителей из воды используют процессы процеживания, отстаивания, фильтрования, составляющие сущность методов *механической очистки* промышленных сточных вод (табл. 2.11). Механическую очистку как самостоятельный метод применяют в тех случаях, когда получаемую очищенную воду можно использовать в производстве или спускать в природные водные объекты. Во всех других случаях механическая очистка служит предварительной стадией перед другими видами очистки сточных вод.

Т а б л и ц а 2.11 — Процессы и устройства механической очистки сточных вод

Процесс	Решаемая задача	Устройства (оборудование)
Процеживание	Удаление крупных примесей	Решетки (неподвижные и подвижные, совмещенные с дробилками)
	Удаление взвешенных частиц	Сита (барabanные, дисковые)
Отстаивание	Осаждение грубодисперсных примесей	Песколовки; отстойники (периодического и непрерывного действия)
	Выделение всплывающих примесей	Осветлители; нефтеловушки; жироловушки
Фильтрование	Выделение тонкодиспергированных твердых или жидких веществ	Фильтры с зернистым слоем, микрофильтры; магнитные фильтры
Удаление взвешенных частиц под действием центробежных сил	Выделение тонкодиспергированных твердых или жидких веществ	Гидроциклоны (напорные и открытые); центрифуги

Процеживание представляет собой процесс пропускания загрязненной сточной воды через решетки и сита с целью улавливания крупных примесей. Неподвижная решетка выполняется в виде металлической рамы, внутри которой устанавливается ряд параллельных стержней. Решетку ставят на пути движения сточных вод под углом 60—75°. Вода со скоростью 0,8—1,0 м / с проходит между стержнями решетки, крупные загрязнения задерживаются на решетке и затем снимаются специальными механическими устройствами. Полученные твердые отходы подлежат дальнейшей

переработке. Один из способов их утилизации — обезвоживание на механическом прессе с последующим сжиганием с примесью дешевого топлива.

Для удаления взвешенных частиц с размерами порядка 0,5—1 мм применяют сита (барабанные и дисковые). Частицы задерживаются на поверхности сита, затем смываются с нее водой и отводятся в специальный желоб.

Отстаивание применяют для осаждения из сточных вод грубодисперсных примесей и выделения всплывающих примесей, используя аппараты для осаждения грубодисперсных примесей: песколовки, отстойники, осветлители.

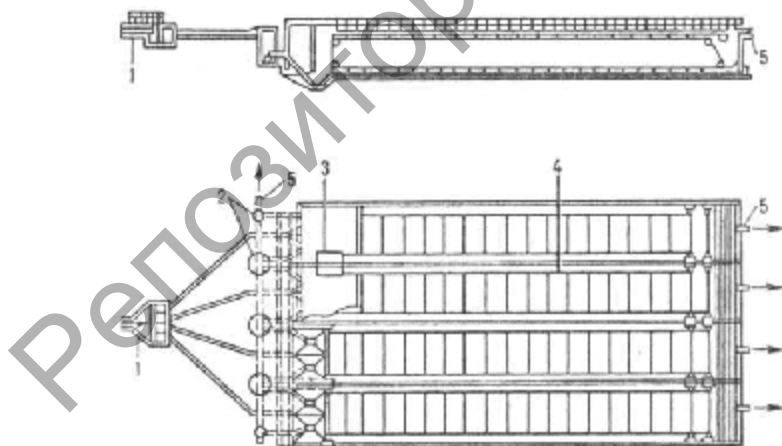
Песколовки предназначены для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей, главным образом песка, с крупностью частиц 0,2—0,25 мм. Их устанавливают перед отстойниками. Работа песколовки основана на использовании гравитационных сил. Рассчитываются песколовки таким образом, чтобы в них выпадали тяжелые минеральные частицы, но не выпадал легкий осадок органического происхождения. По характеру движения воды песколовки разделяются на горизонтальные — с круговым или прямолинейным движением воды, вертикальные — с движением воды снизу вверх и песколовки с винтовым движением воды. Конструкцию песколовки выбирают в зависимости от количества сточных вод, концентрации загрязнений. Наиболее часто используют горизонтальные песколовки. Они представляют собой лоток, состоящий из одной или нескольких секций шириной от 0,8 до 8 м, глубиной до 1,2 м. Для создания равномерных скоростей в песколовке вход в нее выполняют в виде плавного расширения, а выход — в виде плавного сужения. Глубина слоя осадка в песколовке зависит от количества выпадающего песка и от времени между очистками (не более двух дней во избежание загнивания осадка).

Отстойники представляют собой сооружения, в которых из большого объема сточной воды осаждаются или всплывают грубодисперсные примеси. В зависимости от назначения отстойников в технологической схеме очистной станции они делятся на первичные и вторичные. Первичными называют отстойники перед сооружениями для биохимической очистки сточных вод, вторичными — отстойники, используемые для осветления сточных вод, прошедших биохимическую очистку. По режиму работы различают отстойники

периодического действия и отстойники непрерывного действия. По направлению движения основного потока воды различают отстойники горизонтальные, вертикальные, радиальные. В промышленности применяют различные конструкции отстойников.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные резервуары, имеющие два или более одновременно работающих отделения.

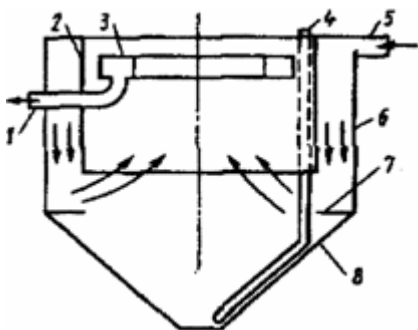
На рисунке 2.9 приведена схема горизонтального отстойника для выделения оседающих и всплывающих примесей сточных вод. Он представляет собой прямоугольный железобетонный проточный резервуар. Сточные воды через камеру 1 распределяются по четырем секциям. Механизм для сгребания осадка представляет собой транспортер 4 со скребками, работающий по типу эскалатора. В конце отстойной части расположен лоток для приема осветленной воды. Добавляемый для очистки воды активный ил задерживается в специальных отстойниках (иловых колодцах) 2. По сравнению с круглыми, прямоугольные горизонтальные отстойники занимают меньшую площадь и быстрее удаляют осадок.



- 1 — распределительная камера; 2 — иловые колодцы;
3 — электропривод; 4 — скребковые транспортеры;
5 — отводящие трубопроводы

Рисунок 2.9 — Схема горизонтального отстойника

Вода движется от одной стороны отстойника к другой стороне. Глубина отстойника 1,5—4 м, длина в 8—12 раз больше глубины, ширина коридора 3—6 м. Поперечный лоток предназначен для обеспечения равномерного распределения сточной воды в отстойнике. Эффективность отстаивания достигает 60%. Получаемый в отстойнике осадок необходимо удалять и обезвреживать. При залеживании осадка в отстойниках в течение длительного периода он загнивает с выделением газов и всплывает.



1 — трубопровод для вывода очищенной воды из отстойника, 2 — цилиндрическая перегородка, 3 — кольцевой водосборник, 4 — трубопровод для удаления шлама, 5 — подводящий трубопровод, 6 — корпус отстойника, 7 — кольцевой отражатель, 8 — шламособорник

Рисунок 2.10 — Схема вертикального отстойника

Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический (или квадратный в плане) резервуар с коническим дном (рис. 2.10). Сточная вода подводится по трубе вниз отстойника и движется затем снизу вверх. Осаждение проходит в восходящем потоке жидкости, скорость которого составляет 0,5—0,6 м/с. Высота зоны осаждения 4—5 м.

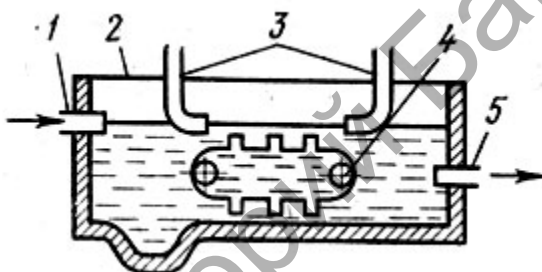
Осветлители применяются для очистки природных вод и для предварительного осветления сточных вод некоторых производств. Используют осветлители со взвешенным слоем осадка, через который пропускается вода, предварительно обработанная

коагулянтom. Воду с коагулянтom подают в нижнюю часть осветлителя. Агрегаты коагулянта в виде рыхлых хлопьев захватывают частицы взвеси и поднимаются восходящим током воды на некоторую высоту, образуя слой взвешенного осадка, через который фильтруется вода. Осадок удаляется в осадкоуплотнитель, а осветленная вода поступает на дальнейшую очистку. Конструкции осветлителей весьма разнообразны.

Для выделения из сточных вод всплывающих примесей: нефти, масел, жиров — в промышленности используют нефтеловушки и жироловушки. По сути эти приспособления являются также отстойниками, но примеси здесь концентрируются на поверхности

водного зеркала, собираются и удаляются из верхней части такого отстойника.

Нефтеловушки применяют для очистки сточных вод, содержащих грубодиспергированную нефть и нефтепродукты при концентрации более 100 мг / л. Нефтеловушки представляют собой прямоугольные вытянутые в длину резервуары, в которых происходит разделение нефти и воды за счет разницы в их плотностях. Остаточное содержание нефтепродуктов в сточной воде 100 мг / л. Для улавливания жиров применяют жироловушки, имеющие конструкцию, по основным элементам подобную конструкции нефтеловушек (рис. 2.11).



1 — входная труба; 2 — крышка; 3 — сборники;
4 — мешалка; 5 — выпускная труба

Рисунок 2.11 — Жироловушка

Фильтрация применяют для выделения из сточных вод тонкодиспергированных твердых или жидких веществ. Основной конструктивный элемент очистных установок — фильтр, представляющий собой пористую перегородку, проницаемую для воды, но задерживающую частицы дисперсной фазы. В качестве фильтров используют металлические перфорированные листы и сетки из коррозионно стойкой стали или других металлов и сплавов, ткани, керамику. Роль пористой перегородки (фильтра) может выполнять слой зернистого материала — песка, гравия, кокса и др. Материал фильтра должен быть устойчив к воздействию очищаемой воды, термически стоек, механически прочен.

Фильтр с зернистым слоем представляет собой резервуар с дренажным устройством, с расположенным на нем зернистым слоем, через который пропускается очищаемая сточная вода. Загрязнения задерживаются фильтрующим слоем. По конструкции фильтры с зернистым слоем могут быть медленные и скоростные (однослойные и многослойные), открытые и закрытые. Скоростные многослойные фильтры характеризуются большей производительностью и степенью очистки сточных вод. Промывка фильтра проводится чистой водой при подаче ее снизу вверх.

Микрофильтры, представляющие собой слой сеток с отверстиями диаметра 40—70 мкм, применяют для очистки сточных вод от волокнистых материалов. В магнитных фильтрах роль фильтрующей перегородки выполняется магнитом, позволяющим удалить из сточных вод ферромагнитные частицы размером 0,5—5 мкм.

К *физико-химическим методам очистки сточных вод* относятся: коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен. Меньше используются такие методы, как диализ, эвапорация, выпаривание, кристаллизация, магнитная обработка, электрокоагуляция, электрофлотация. Физико-химические методы находят наибольшее распространение при очистке производственных сточных вод. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с другими методами.

Коагуляционная очистка — это метод очистки сточных вод от коллоидных частиц, основанный на свойстве коллоидной системы в определенных условиях терять агрегативную устойчивость. Одним из видов коагуляции является флокуляция, при которой мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, под влиянием специально добавляемых веществ (флокулянтов) образуют интенсивно оседающие рыхлые хлопьевидные скопления (агрегаты). Метод флокуляции применим к очистке производственных сточных вод, содержащих коллоидные частицы размером 0,001—0,1 мкм. Сточную воду, содержащую такие частицы, можно рассматривать как устойчивую коллоидную систему, состоящую из дисперсионной среды (жидкость) и частиц дисперсной фазы, несущих определенный электрический заряд. Агрегативная устойчивость обусловлена, главным образом, взаимным отталкиванием частиц, несущих электрические заряды одного знака. Добавление в сточную воду электролита приводит к коагуляции — слипанию частиц дисперсной

фазы с образованием агрегатов, оседающих в поле силы тяжести. Эффективность коагуляционной очистки зависит от многих факторов: состава сточных вод, вида коллоидных частиц, их концентрации и степени дисперсности. Основным процессом коагуляционной очистки производственных сточных вод является взаимодействие коллоидных и мелкодисперсных частиц загрязнений с агрегатами, образующимися при введении в сточную воду коагулянтов. В промышленности находят применение различные коагулянты:

- соли алюминия: сульфат алюминия (глинозем) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, алюминат натрия NaAlO_2 , оксихлорид алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, алюмокалиевые квасцы $[\text{Al K}(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$, алюмоамонийные квасцы $[\text{Al}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$;

- соли железа: железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, хлорид железа (III) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, сульфат железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

- соли магния: хлорид магния $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, сульфат магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

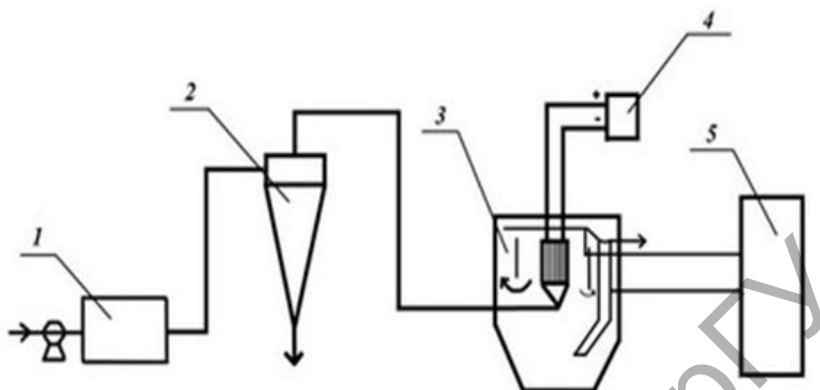
- известь;

- шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств.

Для очистки интенсивно окрашенных сточных вод расходы коагулянта достигают $1\text{—}4 \text{ кг} / \text{м}^3$, объем образующегося при коагуляции осадка достигает $10\text{—}20\%$ объема обрабатываемой сточной воды. Коагуляционный метод очистки применяется в основном при небольших расходах сточных вод и при наличии дешевых коагулянтов.

Флокулянты — вещества, используемые при коагуляционном методе очистки для повышения плотности и прочности образующихся хлопьев, снижения расхода коагулянтов. В качестве флокулянтов в промышленности применяются оксиэтилцеллюлоза, поливиниловый спирт, кремниевая кислота, полиакриламид, белки и др. Процесс проводят в осветлителях.

На рисунке 2.12 показана серийная электрокоагуляционная установка непрерывного действия для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и ряд других загрязнений в мелкодисперсном состоянии. Обрабатываемая вода проходит сначала предварительную грубую очистку в механическом фильтре 1 и гидроциклоне 2. Процесс электрокоагуляционной очистки проходит в аппарате 3, который является флотатором — отстойником со встроенной в него электродной системой. Часть скоагулированных примесей



1 — фильтр; 2 — циклон; 3 — флотатор; 4 — источник тока; 5 — сборник

Рисунок 2.12 — Схема электрокоагуляционной установки непрерывного действия для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты

флотируется, другая осаждается в нижней части аппарата. Флотируемые продукты из верхней части аппарата, а также осадок из нижней отводятся в сборник 5, а осветленная вода после фильтрации поступает в оборот.

Сорбционная очистка — это метод очистки, основанный на поглощении загрязняющих веществ из сточных вод твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называют сорбентом, а поглощаемое вещество — сорбатом. **Абсорбция** — поглощение вещества всем объемом жидкого сорбента. **Адсорбция** — поглощение вещества поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента. Сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется **хемосорбцией**. Сорбционная очистка может применяться самостоятельно или совместно с другими методами очистки для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ, а также в целях последующего использования очищенной воды в системах оборотного водоснабжения. Метод применим для очистки сточных вод от ароматических соединений, красителей, углеводов, слабых электролитов. При содержании в сточных водах только неорганических соединений, а также низших одноатомных спиртов этот метод неприменим. В качестве сорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы:

золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины, уголь и др. Активность сорбента характеризуется массой поглощаемого вещества на единицу объема или массы сорбента ($\text{кг} / \text{м}^3$, $\text{кг} / \text{кг}$).

Процесс сорбции может проводиться в статических и динамических условиях. В соответствии с этим различают статическую и динамическую активность сорбента. Статическая активность сорбента характеризуется максимальным количеством вещества, поглощенного единицей объема или массы сорбента к моменту достижения равновесия при постоянных температуре жидкости и начальной концентрации вещества. Динамическая активность сорбента характеризуется максимальным количеством вещества, поглощенного единицей объема или массы сорбента до момента появления сорбируемого вещества в фильтрате или при пропуске сточной воды через слой сорбента.

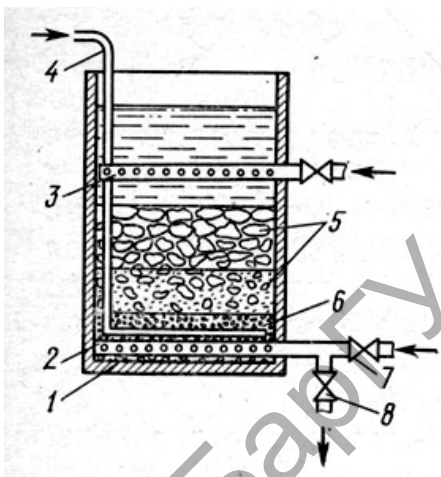
Сорбция — процесс обратимый. Сорбат (загрязнение) может переходить из сорбента обратно в раствор (очищаемую сточную воду). Скорости протекания прямого (сорбция) и обратного (десорбция) процессов пропорциональны концентрации вещества в растворе и на поверхности сорбента. Когда скорости этих процессов уравниваются, в системе устанавливается равновесие, характеризующееся константой равновесия (адсорбционной константой распределения сорбата между сорбентом и раствором), величиной при прочих равных условиях зависящей от температуры.

В зависимости от области применения метода сорбционной очистки, расположения адсорберов в общем комплексе очистных сооружений, состава сточных вод, вида сорбента выбирают определенную схему сорбционной очистки и тип адсорбера.

Насыпной фильтр является наиболее простым видом адсорбера, применяемым перед сооружениями биологической очистки. Он представляет собой колонну с неподвижным слоем сорбента, через который фильтруется сточная вода (рис. 2.13). Наиболее рациональное направление фильтрования жидкости — снизу вверх. В этом случае происходит равномерное заполнение колонны по всему сечению, относительно легко вытесняются пузырьки воздуха или газов, попадающие в слой сорбента вместе со сточной водой. В колонне на беспровальную решетку с отверстиями 5—10 мм и шагом 10—20 мм укладывается поддерживающий слой мелкого щебня

и крупного гравия высотой 40—50 см, далее — слой зерен сорбента. Сверху слой сорбента закрывают слоем гравия и щебня, решеткой. Процесс десорбции проводят при помощи растворителей или пара.

Сорбционная установка представляет собой несколько параллельно работающих секций, состоящих из 3—5 последовательно расположенных фильтров. При достижении предельного насыщения головной фильтр отключается на регенерацию, вода подается на следующий фильтр. После регенерации головной фильтр включается в схему очистки уже в качестве последней ступени.



- 1 — поддерживающий слой гравия;
 2 — перфорированное днище; 3 — коллектор подвода очищаемой воды; 4 — труба подачи сжатого воздуха; 5 — гравий; 6 — песок;
 7 — труба подачи воды;
 8 — отвод очищенной воды

Рисунок 2.13 — Схема каркасно-насыпного фильтра

Смесители применяются при проведении процесса сорбционной очистки в статических условиях с последовательным введением сорбента. Процесс ведется при интенсивном перемешивании обрабатываемой сточной воды с сорбентом в течение определенного времени и последующего отделения сорбента от воды отстаиванием, фильтрованием и т. п. При последовательном введении новых порций сорбента в очищаемую воду можно максимально извлечь из нее загрязняющие вещества. Глубина извлечения загрязнения будет определяться адсорбционной константой распределения сорбата между сорбентом и раствором.

При относительно высоком содержании в сточной воде мелкодиспергированных взвешенных частиц, заиливающих сорбенты, а также в случаях, когда равновесие устанавливается медленно, применяют процесс сорбционной очистки с псевдооживленным слоем. Псевдооживление слоя наступает при повышении скорости потока очищаемой сточной воды, проходящей снизу вверх аппарата,

до такой величины, при которой зерна расширившегося слоя начинают интенсивно и беспорядочно перемещаться в объеме слоя, сохраняющего постоянную для данной скорости потока воды высоту. Процесс проводят в цилиндрических одноярусных адсорберах.

Цилиндрический одноярусный адсорбер для очистки в псевдооживленном слое представляет собой колонну высотой около 4 м, верхняя часть ее имеет расширение с диаметром в 1,5—2 раза больше диаметра самой колонны, днище колонны — коническую форму. Непосредственно над коническим днищем устанавливается распределительная решетка с отверстиями 5—10 мм, на которую загружается активированный уголь. Высота неподвижного слоя угля составляет 2,5—2,7 м. В нижнюю часть аппарата поступает сточная вода со скоростью, обеспечивающей расширение слоя в 1,5—1,6 раз. Уголь равномерно подается в аппарат из бункера с автоматическим дозатором. Сорбент в виде 5—20%-й суспензии подается в нижнюю часть колонны под решетку, где смешивается с очищаемой водой. Смесь проходит через отверстия решетки. Над решеткой образуется псевдооживленный слой, в котором идет процесс сорбции загрязнений. Избыток угля поступает в сборник, потом на регенерацию. Очищенная вода отводится из верхней части колонны.

Сорбционная очистка может быть:

- регенеративной, когда извлеченные вещества утилизируются;
- деструктивной, когда извлеченные вещества уничтожаются.

В зависимости от назначения сорбционной очистки применяются различные методы регенерации сорбента. Для извлечения адсорбированных веществ используют экстракцию их органическим растворителем, отгонку адсорбированного вещества с водяным паром, испарение адсорбированного вещества током газообразного инертного теплоносителя. Легколетучие органические вещества десорбируют воздухом, инертными газами, перегретым паром. При этом температура воздуха должна быть 120—140, перегретого пара — 200—300, а инертных газов — 300—500°C. В качестве растворителей при десорбции могут использоваться легколетучие органические вещества (дихлорэтан, бутилацетат и др.). Растворитель отгоняется из сорбента перегретым водяным паром. При деструктивной очистке применяют термические или окислительные методы (в бескислородной среде). При этом часть сорбента неизбежно теряется.

Флотация — метод очистки промышленных сточных вод от гидрофобных мелкодисперсных загрязнений, основанный на явлении смачивания жидкостью твердых или жидких несмешивающихся с ней поверхностей, применяемый для удаления из сточных вод нерастворимых в воде диспергированных загрязнений, которые самопроизвольно плохо отстаиваются в условиях механической очистки. Процесс флотационной очистки заключается в удалении гидрофобных частиц загрязнений за счет прилипания их к всплывающим пузырькам воздуха с образованием пенного слоя на поверхности очищаемой сточной воды.

Различают следующие способы флотационной обработки сточных вод:

- 1) флотация с выделением пузырьков воздуха из раствора;
- 2) флотация с механическим диспергированием воздуха;
- 3) флотация с подачей воздуха через пористые материалы;
- 4) электрофлотация;
- 5) биологическая и химическая флотация.

Прилипание частицы к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда частица гидрофобная, т. е. не смачивается (или плохо смачивается) жидкостью. Смачивание — это поверхностное явление, заключающееся во взаимодействии жидкости с твердым (или другим жидким) телом при наличии одновременного контакта трех несмешивающихся фаз, одна из которых обычно является газом (воздухом). Если каплю жидкости нанести на твердую поверхность или несмешивающуюся с ней жидкую поверхность, то нанесенная капля:

а) может остаться на поверхности в виде капли определенной формы, близкой к шарообразной (несмачивание или плохое смачивание);

б) частично растекается по поверхности, приобретая форму шарового сегмента определенной высоты (смачивание).

Эффективность процесса флотации определяется в основном адгезией между гидрофобной частицей и пузырьком воздуха, а также скоростью установления контакта между ними, т. е. скоростью разрыва разделяющей их водной пленки. При выборе условий флотации необходимо учитывать также, что флотирующая (подъемная сила), прижимающая частицу к пузырьку воздуха (сила адгезии), должна быть больше силы тяжести.

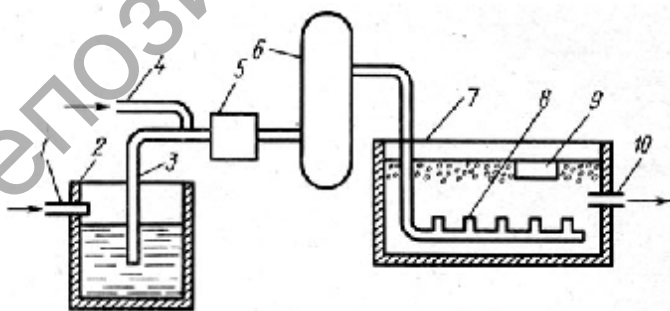
Флотация с выделением воздуха из раствора применяется при очистке производственных сточных вод, содержащих очень мелкие

частицы загрязнений. Метод основан на зависимости растворимости газов воздуха в воде от давления.

Флотация с механическим диспергированием воздуха имеет некоторые особенности. При перемешивании струи воздуха в воде создается интенсивное вихревое движение, воздушная струя распадается на отдельные пузырьки. Механическое перемешивание осуществляется импеллерами — турбинками насосного типа. Импеллер представляет собой диск с радиальными обращенными вверх лопатками. При вращении импеллера в жидкости возникает большое число мелких вихревых потоков, которые разбиваются на пузырьки определенной величины. Эффективность очистки зависит от скорости вращения импеллера.

Флотация с подачей воздуха через пористые материалы проводится пропусканием воздуха через пористые керамические пластины или колпачки, трубы, насадки, уложенные на дне флотационной камеры (рис. 2.14). Недостатком метода является возможность зарастания и засорения пор, а также трудности выбора материалов, обеспечивающих выход мелких, близких по размеру пузырьков.

Загрязненная сточная вода по трубе 1 поступает в приемный резервуар 2, откуда по всасывающей трубе 3 с помощью насоса 5 подается в сатуратор 6. Через трубу 4 в сточную воду поступает сжатый воздух с расходом не менее 3% от объемного расхода сточной воды. В сатураторе происходит перемешивание воды с воздухом. Этот процесс протекает при избыточном давлении 30—50 Па, время



1 — труба; 2 — приемный резервуар; 3 — всасывающая труба;
4 — труба; 5 — насос; 6 — сатуратор; 7 — флотационная камера;
8 — сопла; 9 — пеносорбник; 10 — труба

Рисунок 2.14 — Схема установки напорной флотации

пребывания жидкости в сатураторе 2—3 мин. Из сатуратора смесь воды с воздухом отводится по трубе и через сопла 8 направляется во флотационную камеру 7, в которой происходит всплывание на поверхность камеры агрегатов «маслопримесь — частицы воздуха». Для удаления маслопродуктов предусмотрен пеносборник 9, а очищенная сточная вода удаляется по трубе 10. Эффективность очистки сточных вод от маслопримесей в таких установках достигает 85—95%.

Электрофлотация отличается от других способов флотационной очистки сточных вод тем, что пузырьки газа образуются при электролизе воды. На катоде происходит восстановление воды с образованием молекулярного водорода, на аноде — выделяется кислород (при использовании инертных электродов):

Биологическая флотация применяется для уплотнения осадков сточных вод. При биологической флотации осадок из первичных отстойников подогревается паром в специальной емкости до 35—55°C и при этих условиях выдерживается несколько суток. В результате деятельности микроорганизмов выделяются пузырьки газов, которые флотируют частицы осадка в пенный слой, где они уплотняются и обезвоживаются.

Химическая флотация отличается тем, что для получения пузырьков газа в очищаемую воду добавляются специальные реагенты. При реакции реагентов с водой или загрязнениями воды выделяются газообразные вещества: O_2 , CO_2 , Cl_2 и др.

Экстракционная очистка сточных вод основана на распределении загрязняющего вещества между двумя несмешивающимися жидкостями в соответствии с растворимостью в них (жидкофазная экстракция). Метод экстракционной очистки целесообразно применять при значительной концентрации растворенных в воде органических веществ (3—4 г / л) или при высокой стоимости извлекаемого вещества. Процесс очистки проводится в несколько стадий:

1) подготовка воды перед экстракцией (отстаивание, фильтрование, нейтрализация, охлаждение);

2) интенсивное смешение сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем) в экстракционных колоннах, в результате которого образуется экстракт — раствор извлекаемого вещества в экстрагенте и рафинат — сточная вода с некоторым небольшим количеством экстрагента;

- 3) регенерация экстрагента из экстракта;
- 4) регенерация экстрагента из рафината.

Для успешного проведения процесса экстракции экстрагент должен отвечать следующим требованиям: иметь большое значение коэффициента распределения по отношению к экстрагируемому веществу и малую растворимость в воде; обладать большой селективностью по отношению к одному веществу или группе извлекаемых веществ; не образовывать с водой устойчивых эмульсий; значительно отличаться по плотности от сточной воды; иметь температуру кипения, значительно отличающуюся от температуры кипения экстрагируемого вещества, малую токсичность и взрывоопасность; не взаимодействовать химически с извлекаемым веществом и материалами оборудования; регенерироваться простым и дешевым способом и др.

Для очистки промышленных сточных вод наиболее часто применяют процессы противоточной многоступенчатой экстракции и непрерывной противоточной экстракции.

Ионный обмен (ионообменная сорбция) — метод очистки сточных вод, основанный на реакции обмена между ионами, находящимися в составе очищаемой воды, и подвижными ионами, входящими в состав полиэлектролита.

Применение метода ионного обмена позволяет извлекать из сточных вод соединения мышьяка, фосфора, ионы металлов, ПАВ, радиоактивные вещества, очищать сточную воду для использования в системах оборотного водоснабжения. Практическое значение имеют неорганические природные и искусственные алюмосиликаты, гидроксиды и соли многовалентных металлов, применяются иониты, полученные химической обработкой угля, целлюлозы, лигнина. Однако наибольшее применение в промышленности находят синтетические органические ионообменные смолы, представляющие собой полимеры, углеводородные радикалы мономерных звеньев которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней функциональными группами, принимающими участие в реакциях ионного обмена. При пропускании сточной воды, содержащей ионы-загрязнители, протекает реакция обмена ионами между ионитом и раствором (сточная вода), в результате чего загрязнение оказывается связанным с полимерным нерастворимым ионом.

Процессы ионообменной очистки сточных вод проводят на установках непрерывного и периодического (фильтры) действия.

Фильтр периодического действия представляет собой закрытый цилиндрический резервуар с расположенным у дна щелевым дренажным устройством, обеспечивающим равномерное отведение воды по всему сечению фильтра. Высота слоя загрузки ионита 1,5—2,5 м. Фильтр может работать при различных режимах подачи сточной воды и регенерирующего раствора: а) вода и регенерирующий раствор подаются сверху; б) сточная вода подается снизу, а регенерирующий раствор — сверху.

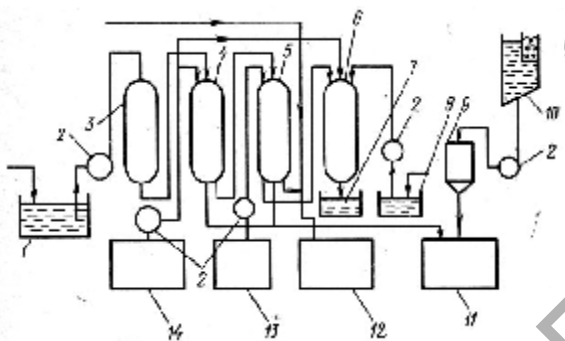
На рисунке 2.15 представлена схема ионообменной очистки сточных вод ванн хромирования от соединений хрома. Сточные воды поступают в приемный резервуар 1, откуда насосом 2 подаются в фильтр 3 для очистки от механических примесей. Очищенная от механических примесей сточная вода поступает в последовательно расположенные анионитовые фильтры 4 и 5, заполненные ионообменной смолой. Очищенная таким образом сточная вода вновь подается в ванну хромирования 12. Вспомогательный катионитовый фильтр 6 предназначен для дополнительной обработки сточной воды в пусковой период. В бак 7 поступают выделенные соединения хрома. Бак 8 предназначен для сбора отработанного раствора. Емкости 13 — со щелочью и 14 — с кислотой предназначены для промывки фильтров. Промывной раствор нейтрализуется в баке 11, куда через дозатор 9 одновременно подается необходимое для нейтрализации количество извести из бака 10.

К недостаткам ионообменных фильтров периодического действия относятся большие объемы аппаратов, значительный расход реагентов, большая масса сорбента, сложность автоматизации процесса. Этих недостатков не имеют установки непрерывного действия.

Колонны непрерывного действия могут работать как с движущимся слоем смолы, так и с кипящим слоем. Ионит движется по замкнутому контуру, последовательно проходя стадии сорбции, регенерации и промывки. Аппараты просты в конструктивном исполнении и эффективны в работе.

Прочие физико-химические методы очистки сточных вод распространены значительно реже:

- **эвапорация** — метод удаления из сточных вод легколетучих веществ путем отгонки их с водяным паром или путем отгонки из сточной воды азеотропных смесей воды с загрязнением;
- **выпаривание** — испарение воды из сточных вод при повышенных температурах;



- 1 — приемный резервуар; 2 — насос; 3 — фильтр;
 4, 5 — анионитовые фильтры, заполненные ионообменной смолы; 6 — вспомогательный катионитовый фильтр;
 7 — бак; 8 — бак для сбора отработанного раствора;
 9 — дозатор; 10 — бак; 11 — бак для нейтрализации;
 12 — ванны для хромирования; 13 — емкость со щелочью;
 14 — емкость с кислотой

Рисунок 2.15 — Схема ионообменной очистки сточных вод ванн хромирования

- **испарение** — самопроизвольное удаление воды из открытых поверхностей сточных вод, протекающее при любых температурах;
- **кристаллизация** — удаление загрязнений из сточных вод за счет уменьшения растворимости загрязнений при понижении температуры вод;
- **магнитная обработка** — извлечение ферромагнитных примесей при помощи магнитов (электромагнитов).

Биохимические методы считаются основными для обезвреживания сточных вод от органических примесей, окисляемых микроорганизмами. На практике широко распространены аэробные процессы, протекающие в естественных условиях (на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах) и искусственных сооружениях (аэротенки и биофильтры).

Анаэробные методы используют для обезвреживания высококонцентрированных сточных вод и осадков, образующихся при биохимической очистке. Анаэробные процессы брожения проходят без доступа кислорода с выделением различных газов (CO_2 , NH_3 , CH_4). Аппараты — метантенки, отстойники-стабилизаторы [56].

Биологическую обработку (стерилизацию) производят также путем нагревания, с помощью обработки ультрафиолетовыми лучами или путем электролиза серебра (когда в качестве анода используется серебряный электрод, а катодом служит уголь). Ионы серебра обладают бактерицидным действием. Для стерилизации 20 м^3 требуется выделить из анода 1 г серебра. Второй метод электролизной обработки воды заключается в добавлении к воде поваренной соли, которая при пропускании тока разлагается с выделением свободного хлора.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основывается выбор аппаратов для очистки промышленных выбросов?
2. Каковы достоинства и недостатки методов механической очистки газообразных выбросов?
3. В чем состоит важность очистки промышленных выбросов от CO ?
4. Какие достоинства и недостатки имеются у известнякового метода очистки дымовых газов от SO_2 ?
5. Каков общий недостаток адсорбционных методов очистки отходящих газов от токсичных соединений?
6. Какие задачи выполняют санитарно-защитные зоны предприятий?
7. Как классифицируются методы переработки (очистки, регенерации) промышленных сточных вод?
8. Какие задачи решают процессы физико-химической очистки сточных вод?
9. Какие методы используются для очистки сточных вод от взвешенных частиц?
10. Какие различают способы флотационной очистки сточных вод?
11. Какова природа аэробной биохимической очистки воды?

Глава 3 ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

3.1 Пути защиты земельных ресурсов от деградации

Деградация земель является одной из наиболее актуальных экологических проблем Беларуси. Проявление деградации земель в различных ее формах связано и характеризуется многообразием форм проявления, основными из которых являются:

- водная, ветровая и агротехническая;
- химическое, в том числе радионуклидное загрязнение земель;
- деградация и ухудшение свойств почв, особенно торфяных, при сельскохозяйственном использовании;
- деградация земель в результате добычи торфа, строительных материалов, проведения работ, дорожного и других видов строительства, а также их затопление и подтопление;
- деградация торфяных почв на осушенных болотных массивах в результате торфяных пожаров;
- деградация земель лесного фонда в результате нерационального лесопользования и лесных пожаров;
- деградация земель при чрезвычайных рекреационных, технических и других антропогенных нагрузках на земли / почвы.

По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии НАН Беларуси общая площадь эродированных и эрозионноопасных почв на сельскохозяйственных землях составляет более 4,0 млн га, в том числе на пахотных — около 2,6 млн га. Доля водной эрозии на этих землях составляет 84% процента, а ветровой — 16%.

Проявление эрозионных процессов в республике имеет региональные особенности. В северной и центральной почвенно-географических провинциях наиболее активно протекают водно-эрозионные процессы. В южной (Полесской) провинции, где осуществлена осушительная мелиорация и преобладают осушенные торфяные почвы, заметное развитие получили процессы ветровой эрозии. Водная и ветровая эрозия почв наносит существенный экономический и экологический ущерб. Потери урожая основных сельскохозяйственных культур на эродированных землях составляют

в зависимости от степени эродированности для зерновых культур — 12—40, льна — 15—40, многолетних трав — 5—30, пропашных — 20—60%. Продукты эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околоводных экосистем.

Сохранение земель как основного средства сельскохозяйственного производства, территориального базиса различной хозяйственной деятельности, ключевого средообразующего фактора — одна из наиболее злободневных и актуальных проблем. Пути защиты земельных ресурсов носят комплексный характер, предполагают проведение *организационно-хозяйственных, гидротехнических, лесомелиоративных и агротехнических мероприятий* и направлены на оптимизацию сельскохозяйственного использования земель.

Оптимизация сельскохозяйственного использования земель предполагает исключение из активного использования низкокачественных, неустойчивых для земледелия земель. Важно вывести часть эродированных земель из использования и законсервировать значительные площади пастбищных угодий. Это позволит сохранить для будущих поколений ценные сельскохозяйственные земли, защитить их от эрозий и восстановить их плодородие.

Большой экологический эффект от выведения земель из оборота был получен в США. В сельском хозяйстве этой страны в 1970—1980 годы сложилась опасная экологическая ситуация по причине эрозийного поражения почв на больших площадях земли. Свыше 10% наиболее деградированных земель было выведено из сельскохозяйственного оборота в соответствии с принятой федеральной программой консервации земель, предусматривавшей дотации, кредиты, ценовые и другие поддержки фермеров. Это дало свои результаты, эрозийные процессы были приостановлены [79].

Поля, на которых проводится консервация земель в течение определенного периода, называются **пары**. Они бывают нескольких видов: чистые пары и занятые пары.

Чистый пар — это поле севооборота, свободное от возделываемых сельскохозяйственных культур и обрабатываемое в течение вегетационного периода. В зависимости от сроков начала обработки чистые пары подразделяются на черные и ранние. **Черный пар** — это чистый пар, обработку которого начинают в летне-осенний

период перед парованием года. **Ранний пар** — это чистый пар, обработку которого начинают весной в год парования. Чистые пары применяются в засушливых районах и выполняют задачи накопления влаги, питательных веществ, их тщательно обрабатывают, удобряют и поддерживают в чистом от сорняков состоянии. Земли Беларуси достаточно увлажнены, питательные вещества из них вымываются, поэтому чистые пары в Беларуси не применяются. Задачу борьбы с сорняками успешно можно решить и на занятых парах.

Занятый пар — это поле севооборота, занятого культурными растениями некоторую часть вегетационного периода, а остальное время подвергающееся обработке. Занятые пары подразделяются на уплотненные, на которых перед парозанимающей культурой высевают озимые на зеленый корм, и сидеральные, на которых выращивают бобовые и другие культуры для заделки в почву на зеленое удобрение.

К *организационно-хозяйственным мерам* относится дифференцированное использование земель в сельскохозяйственном земледелии. В земледелии важно оценить агроэкологическое состояние почвенного покрова. Земли отличаются генетическим компонентным составом, уровнем плодородия, степенью увлажнения, подверженностью эрозии и другими признаками.

Особенно необходимо учитывать рельеф как постоянный и устойчивый фактор. От крутизны, экспозиции склона в значительной степени зависят свойства почвы, микроклимат, степень эродированности и характер водного режима почвы [26].

В зависимости от качества земель при дифференцированном земледелии практикуется деление земель на группы, которые должны отмечаться на планах землепользования. В пределах выделенных групп должны формироваться поля, участки, устанавливаться рациональный набор культур и их чередование, разрабатываться система обработки почвы, удобрений и т. д.

Например, в севообороте на плоских заболоченных землях с преобладанием дерново-подзолистых почв размещаются пропашные, зерновые культуры и многолетние травы.

В севообороте на песчаных дерновых, торфяно-болотных землях должны размещаться преимущественно травяные культуры.

Земли, расположенные на крутых склонах, где происходит значительный смыв почвы, наиболее целесообразно вывести из состава

обрабатываемых угодий. Такой подход (он еще называется адаптивным земледелием) позволяет до минимума снизить интенсивность почвенно-эрозийных процессов, повысить плодородие почв и обеспечить достаточно высокую их продуктивность.

К гидротехническим мерам защиты земельных ресурсов относится строительство адаптивных мелиоративных систем вместо осушительной мелиорации.

Адаптивные системы мелиорации представляют собой приспособленные к природным условиям объекта мелиорации сооружения и предполагают создание на заболоченных площадях искусственных водоразделов в виде земляных дамб, прудов-копаней и колодцев-накопителей, дренажной сети, лесных полос, участков рыхления подпочвы, размещение насосных установок и дождевальных машин. Они позволяют регулировать объем воды в поле и каналах, орошать или увлажнять земли в засушливое лето, разнообразить посадки древесной и кустарниковой растительности, создавать ландшафт и места для любительского лова рыбы и отдыха людей.

Противоэрозионные гидротехнические сооружения создаются на водосборной площади, в вершинах оврагов, по дну оврагов.

На водосборной площади основными видами сооружений являются:

а) земляные сооружения, задерживающие поверхностный сток: валы-террасы с широким основанием, водозадерживающие валы;

б) сооружения, обеспечивающие безопасный сброс поверхностного стока: распылители стока, водоотводные (водонаправляющие) валы.

Валы-террасы создаются на обрабатываемых склонах, в садах, на участках залужения при уклоне не более 6° и незначительной ложбинности склона. Этим приемом пахотный склон как бы уполживается. Поверхностные воды по такому склону стекают очень медленно, вследствие чего полностью устраняется смыв, увеличивается поглощение воды на склоне и, как следствие, повышается урожай сельхозкультур. Правильно созданные валы-террасы при хорошем уходе служат долго, поэтому они экономически выгоднее таких агротехнических мероприятий, как обвалование, бороздование, которые проводятся ежегодно.

Водозадерживающие валы применяются главным образом для приостановки роста оврагов. Размещают их по горизонталям на приовражном участке, выше растущей вершины оврага.

Наиболее простым сооружением, создаваемым на склонах, является *лоток-распылитель*. Распылители создаются в местах опасной концентрации поверхностного стока — ложбинах, у опушек лесных полос, межах, колеях дорог. В нижней части таких понижений с течением времени появляется размыв, который, если не принимать меры, постепенно превратится в овраг.

Распылитель представляет собой валик высотой 30—50 см и шириной 1,5—3 м с расположенной рядом выемкой. Они перегораживают ложбину под углом 45° по направлению водотока и отводят подтекающую к валику воду на прилегающий склон.

Водоотводные валы в практике борьбы с эрозией применяются для отвода воды от оврагов с большим количеством вершин в задернованные балки, ложбины или в специальные сбросные сооружения.

Важным аспектом для сохранения земельного фонда республики выступает изменение стратегии использования торфяных почв.

Территория Беларуси характеризуется широким распространением болот и заболоченных земель. Торфяные почвы различных типов и с различной мощностью торфа до начала их интенсивного хозяйственного использования занимали свыше 14, % от общей площади республики. Наибольшее количество торфяных почв (свыше 66,5%) расположено в регионе Белорусского Полесья [3].

В республике преобладают торфяные болота низинного типа, на которые приходится около 82% общей площади торфяного фонда Беларуси.

Наибольшей трансформации подвержены торфяные болота в результате гидротехнической мелиорации и добычи торфа в качестве топлива и органического удобрения. В пределах территории Беларуси осушено около 1,45 млн га торфяных почв, из них для сельскохозяйственных целей — 1,1 млн га.

К настоящему времени в Республике Беларусь полностью деградировано около 190 тыс. га торфяных почв.

В Брестской области площадь сельскохозяйственных угодий на осушенных торфяных почвах составляет 236,2 тыс. га, в том числе пашни — 78 тыс. га.

С целью защиты осушенных земель от дальнейшей деградации проводились опыты по сохранению их плодородия путем травосеяния. Доказано, что выведение из севооборота на торфяниках зерновых и пропашных культур и посев на этих почвах луговых многолетних трав не уменьшает количества гумуса в них.

Высокопродуктивное луговое хозяйство действительно экономически выгодно и экологически безопасно. Но наблюдения показывают, что многолетние травы не полностью исключают процесс потери плодородия почв, а только замедляют его. Кроме того в регионах, где практически все площади являются мелиорированными (как в Полесье), потребовалось бы занять их только травами, что, по мнению специалистов, нецелесообразно.

Е. И. Галай предлагает свой взгляд на рациональное использование мелиорированных болотных и заболоченных комплексов, заключающийся в следующем [13]:

- торфяно-болотные почвы с мощностью торфа до 1 м нужно использовать под многолетние травы, долголетние сенокосы и пастбища;
- торфяно-болотные почвы с мощностью торфа более 1 м использовать в зернотравных севооборотах и под луговые угодья, при чем многолетние травы должны занимать не менее 50% посевных площадей;
- мелиорированные песчаные и супесчаные почвы допускается использовать в качестве пашни при условии применения химических средств повышения плодородия;
- глинистые и суглинистые мелиорированные почвы можно не использовать или использовать с учетом экономического состояния хозяйства;
- применять противозерозные мероприятия на торфяниках для предотвращения ветровой эрозии.

Испытываются и такие способы сохранения торфяных почв, как:

- глубокая вспашка, при которой на поверхности образуется органогенная плодородная почва,
- перемешивание привозного слоя грунта с торфом,
- присыпка слоя торфа минеральным грунтом, внесение минеральных удобрений и перемешивание с торфом,
- биологический ремонт почв, суть которого заключается в выращивании дикой растительности (аир, рогоз, камыш и др.) на болотистых землях, потом прикапывание ее и перепахивание.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений использования выработанных торфяных месторождений рассматривается их реабилитация путем повторного заболачивания. В разных зонах Беларуси уже проведено повторное заболачивание на 15 выработанных торфяных месторождениях с общей площадью

свыше 15 тыс. га. Ежегодно с 2006 года под повторное заболачивание в Беларуси передается 30—40 тыс. га земли [45].

Такая экологическая реабилитация обеспечивает возобновление не только болото- и торфообразовательных процессов, но также и всех биосферных функций болот. На восстановленных болотах можно создавать природоохранные зоны, так как территории торфяных месторождений являются очень эффективным средством стабилизации и поддержания благоприятной природной среды после их повторного заболачивания.

Перспективно использовать выработанные торфяные месторождения для выращивания медоносных и лекарственных растений, а также культурных и полукультурных сортов клюквы и голубики. В Беларуси уже имеется положительный опыт организации таких плантаций в Пинском и Ганцевичском районах.

Практикуется и строительство водохранилищ на выработанных торфяниках, например, Заславское, Красная Слобода, Селец, Локтыши.

Лесомелиоративные меры заключаются в использовании лесных насаждений для защиты земель. Облесение, или агролесомелиорация, основывается на понимании того, что лесная растительность — один из наиболее мощных и эффективных факторов и средств сдерживания процессов деградации земель.

К лесохозяйственным мероприятиям, направленным на почвозащиту, относятся:

- лесоразведение на нарушенных торфоразработками и добычей полезных ископаемых землях;
- облесение песков (развеваемых, размываемых, слабозакрепленных и т. п.);
- посадка леса на низкопродуктивных землях, вышедших из сельскохозяйственного использования и переданных в лесной фонд, в том числе загрязненных радионуклидами;
- лесовосстановление на участках, с уничтоженной в ходе рубок лесной растительностью;
- посадка леса на местах пожаров;
- полезащитное лесоразведение на землях сельскохозяйственного назначения;
- расширение практики выборочных рубок леса [49].

Положительная роль защитных лесных насаждений в сельском хозяйстве в борьбе с эрозией общеизвестна и доказана широкой

практикой [26, 42, 49]. На участках, защищенных лесными полосами, создаются лучшие микроклиматические условия для произрастания культур, снижается скорость ветра, сухость воздуха, испарение влаги, задерживается больше снега. Правильно созданная система лесных полос регулирует и задерживает поверхностный сток, защищает почву от смыва талыми и ливневыми водами и от выдувания ветром.

На эрозионно опасных склонах при уклонах до 6° создаются водо-регулирующие (водопоглощающие) лесные полосы шириной не менее 12 м. На более крутых склонах размеры полосы будут большими, в соответствии с расчетами. Для создания таких полос рекомендуется применять дуб черешчатый (на песчаных почвах — сосну обыкновенную), липу мелколистную, клены, кустарники — лещину, шиповник, смородину, иргу, бузину и др. [49].

Агротехнические мероприятия по снижению и прекращению деградации почвы направлены на предупреждение возможности проявления эрозионных процессов, увеличение сопротивляемости почвы смыву водой и выдуванию ветром, увеличение водопоглощающих свойств почвы.

Обработкой почвы можно резко замедлить эрозию, а в некоторых случаях полностью устранить ее. Большое значение имеет также и то, что перечисленные приемы дают эффект в первый год их проведения [26].

Противоэрозионные агротехнические мероприятия по их воздействию на поверхностный сток можно подразделить на два вида:

1. Приемы, увеличивающие скорость впитывания воды в почву. К ним относятся меры, улучшающие водопроницаемость почвы и увеличивающие емкость почвенных пор например, глубокая вспашка почвы (более 22 см), глубокое рыхление и т. д.

2. Приемы, основанные на задержании стоковых вод. К ним относятся обвалование и бороздование поверхности, создание микролиманов и т. д. Этими приемами повышается шероховатость поля, создается своеобразный микрорельеф. Такая поверхность лучше задерживает снег и сток и удлиняет время впитывания влаги в почву.

Возможно также сочетание обоих указанных приемов.

Важным мероприятием, обеспечивающим качество почвенного горизонта, является грамотный выбор севооборота.

Выбор севооборота зависит от конкретной ситуации: следует учитывать тип почв, климат, влажность, рельеф, наличие животных,

засоренность сорняками и т. д. Идеальных севооборотов нет, но хорошим севооборотом считается тот, который поддерживает плодородие почв и позволяет получать качественную продукцию. Чередование культур нужно приспособлять к той или иной площади земли. Например, чередуются посевы кукурузы на зеленую массу, затем люцерн в смеси с райграсом, затем озимая пшеница, сахарная свекла, потом кукуруза на зерно и озимый (яровой) ячмень. Такой севооборот является зерно-травяно-пропашным, его использование не истощает плодородие почвы.

На склонах возможен другой севооборот: кукуруза на зеленую массу (просо или гречиха), затем многолетние травы, за ними — озимая пшеница, потом — однолетние кормовые травы (горох на зерно) и вновь — озимая пшеница. Как правило, оптимальный севооборот не только сохраняет плодородие почвы, но и предотвращает ее эрозию.

Для уменьшения неблагоприятного воздействия минеральных удобрений на природную среду и здоровье человека применяется рациональное внесение минеральных удобрений в ходе сельскохозяйственного земледелия

Экологическое земледелие предполагает ведение расчета баланса активного органического вещества почвы, на основе которого вносятся навоз и минеральные удобрения. Доказано, что наивысшей продуктивности культур можно достичь при совместном внесении органических и минеральных удобрений, при этом следует учитывать отзывчивость культур на разные комбинации удобрений. Например, особой отзывчивостью на совместное внесение органических и неорганических удобрений отличаются однолетние и многолетние травы на зеленую массу (смеси вики и овса, люцерны и райграса и т. п.). Многолетние травы улучшают плодородие почвы и повышают урожайность кукурузы, сахарной свеклы, озимых пшеницы и ячменя.

По мнению Е. И. Галай [13], в этом процессе очень важно:

- а) соблюдение правил перевозки и хранения удобрений;
- б) соблюдение равномерности внесения удобрений;
- в) использование новых форм удобрений, например, медленно действующих, безбалластных и т. п.;
- г) строгое соблюдение доз, форм, сроков и способов внесения удобрений;

д) соблюдение соотношения пропашных культур и культур сплошного сева в севообороте, использование однолетних и многолетних трав, покосных и пожнивных культур и др.

Хороший экологический эффект достигается при сочетании растениеводства с развитием животноводства. Это позволяет иметь достаточное количество навоза, расширять площади пастбищных земель и земель с посевами многолетних трав.

Важнейшим агрохимическим приемом повышения эффективного и потенциального плодородия земель является известкование кислых почв, так как повышенная кислотность создает неблагоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур [61].

Известкование позволяет снизить подвижность тяжелых металлов, активизирует деятельность полезных микроорганизмов, улучшает режимы азотного и фосфатного питания растений, проводится путем внесения в почвы химических мелиорантов, известковых удобрений. В качестве известкового мелиоранта обычно применяется доломитовая мука. В последнее время стали применяться и отходы сахарного производства — дефека́т. Дефека́т белорусских сахарных заводов как известковый материал имеет высокое качество, ежегодное накопление его составляет 90—120 тыс. т.

В Беларуси активное использование известковых удобрений проводилось в период с 1965 по 1990 годы, объем их использования в год составлял 5,1—5,3 млн т. Начиная с 1991 года, их ежегодное применение снижалось, достигнув минимума в 2001 году (1,2 млн т) [69]. Начиная с 2005 г объемы использования мелиорантов находятся на уровне 2,1—2,5 млн т в год, что позволяет сохранять уровень кислотности почв сельхозугодий в оптимальном для растений интервале. По данным агрохимических обследований, в известковании нуждаются 27,9% сельскохозяйственных земель страны. Количество внутреннего сырья (доломитов и дефека́тов) позволяет удовлетворить потребности в известковых удобрениях.

Повышение и поддержание почвенного плодородия — одна из сложных и важнейших задач практической и теоретической работы земледельцев и ученых.

Важнейшим источником природной силы почвы является его богатство органическим веществом. Факт снижения гумусового содержания в почвах в настоящее время является достоверным и не вызывает сомнения [8].

При неизменности факторов почвообразования вся система почвы находится в стабильном состоянии, поддерживаемом обменом веществ и энергии с окружающей средой. Изменения же в окружающей среде неизбежно вызывают перестройку всей почвенной системы. В почвах должно существовать стабильное равновесие: поступление органических остатков — гумификация — минерализация гумуса. Резкое нарушение равновесия связано с сокращением притока органических веществ с пожнивными и корневыми остатками культурной растительности, что неизбежно вызывает процессы дегумификации. Чем больше органического вещества в составе соломы и других остатков вносится в почву, тем скорее наступает устойчивое равновесие: гумификация — дегумификация. Внесение органических удобрений и посев трав ускоряют этот процесс.

Процесс окультуривания почв, заключающийся в изменениях почвенных свойств, при одной и той же системе земледелия может приводить как к уменьшению, так и к повышению потенциального плодородия, определяемого богатством почв.

Из сельскохозяйственных растений наиболее эффективно на гумусообразование влияют многолетние травы. В почвах под травами среднегодовой прирост гумуса составляет 1,5—2,0 т / га.

Основой сохранения почвенного плодородия и охраны окружающей среды является рациональное и экологически безопасное применение удобрений, комплекса противоэрозионных мероприятий, оптимальное сочетание сельскохозяйственных культур с различными биологическими свойствами в севооборотах.

Полная утилизация и включение в биологический круговорот всех растительных остатков — первое условие. Нельзя допускать бесполезного и вредного сжигания жнивья и соломы. Горение — самый быстрый и бесполезный способ высвобождения биологической энергии. Сгорают не только стерня, но и гумус поверхностных слоев, снижается биологическая активность почвы. Далее — внесение минеральных удобрений — важнейший прием повышения урожайности и, следовательно, емкости биологического круговорота.

Наконец, в современных севооборотах даже с полями многолетних трав нельзя обойтись без применения органических удобрений, отходов животноводческих ферм, биотехнологических производств и т. д. Все органическое вещество, образованное с помощью почвенного плодородия, необходимо возвращать почве.

Травопольные севообороты (где возможно), минеральные и органические удобрения, полное включение в почвообразование растительных остатков при высокой урожайности сельскохозяйственных культур — залог бездефицитного расширенного воспроизводства гумусового состояния почв, так называемого расширенного воспроизводства почвенного плодородия.

К агротехническим мерам относятся и экологически безопасные меры по снижению засоренности почв и подавлению сорной растительности.

Вместо гербицидов, широко применяемых в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, специалисты сельскохозяйственного производства рекомендуют применять другие способы. Например, соблюдение севооборота уже является способом защиты почв от сорняков. Во-вторых, хороших результатов можно достичь за счет механического довсходового и послевсходового боронования или междурядных обработок почвы. При этом важно знать, что большинство видов сорняков прорастает за короткий период времени, именно в этот период рекомендуется обработка почвы.

Мнение, что с сорной растительностью можно справиться химическими методами, оказалось ошибочным. По данным В. Ф. Ладонина [33], В. П. Самсоновой [62] при увеличении применения гербицидов в 3 раза засоренность посевов оставалась высокой и прироста урожайности не наблюдалось. К таким же выводам привели исследования на полях Беларуси.

В настоящее время актуальным становится подбор средств, с помощью которых возможно подавить сорняки или уменьшить их количество без загрязнения почв химическими веществами.

В. А. Заленский и Я. У. Яроцкий выделяют механические, фитоценоотические, физические, организационные, биологические, экологические и комплексные меры [24].

Механические меры основаны на использовании орудий обработки почвы, одновременно с возделыванием земли оказывающих влияние и на сорняки (подрезают, вычесывают, срезают, скашивают, присыпают).

Фитоценоотические меры предполагают использование культур (редька масляничная, вико-овсяная смесь, озимые рожь, пшеница и рапс), способных подавить рост и развитие сорняков. Эффективны в борьбе с сорняками многолетние бобовые и злаковые культуры.

Многолетние травы хорошо конкурируют с пыреем ползучим, с вьюнком полевым и сдерживают их распространение

Физические меры заключаются в избавлении от сорняков путем изменения среды их произрастания, например, выжиганием, мульчированием соломой или опилками, стерилизацией паром, осушением территории и т. п.

Организационные меры основаны на работах, улучшающих вид и состояние сельскохозяйственных полей. Это может быть уборка валунов и камней, уничтожение кочек, рациональное размещение скирд, очистка семян, использование отходов зерна и др.

Экологические меры означают изменение качества почв в соответствии с особенностями культур: увлажнение, взрыхление для регулирования аэрации, внесение удобрений, известковых материалов.

Биологические меры — это целенаправленное использование различных видов организмов (включая вирусы) или продуктов их жизнедеятельности для подавления сорняков и вредителей, например, дождевых червей, клещей, грибов и т. п.

Выделяются следующие направления использования биологических средств:

- использование хищных и паразитических насекомых, хищных членистоногих и птиц (энтомофагов) в борьбе с вредными насекомыми;
- использование микроорганизмов (вирусов, бактерий, грибов) в борьбе с вредителями;
- использование биологически активных веществ — регуляторов роста, развития, размножения и поведения животных.

Суть первого направления в использовании биологических методов борьбы с вредителями заключается в расселении в районе деятельности вредителя хищников, поедающих вредителей или большой массы полезных насекомых, создающих конкуренцию в добыче пищи вредителей. В настоящее время выпускается большой перечень паразитов и хищников.

Использование микробных и вирусных препаратов основывается на том, что микробиологические препараты могут подавлять развитие вредных организмов. Их преимущество заключается в высокой эффективности, относительной безопасности для людей и животных. Их вносят обычным способом опрыскивания. Науке известно более 2 000 вирусов. Но не все разрешены к применению. Всемирная организация здравоохранения допустила к использованию 40 вирусных препаратов.

Возможно применение и грибов. Они обладают высокой активностью в борьбе с паразитами, высокой скоростью роста и размножения, хорошо адаптируются во внешней среде.

Использование регуляторов роста, развития и поведения насекомых в борьбе с вредителями основывается на способности этих биологических веществ нарушать закономерности в росте и размножении насекомых-вредителей. Эти вещества не токсичны, не наносят вреда полезным насекомым. Например, применение половых феромонов приводит к дезориентации самцов паразитов, при этом они безопасны для человека и теплокровных животных, так как являются натуральными продуктами жизнедеятельности самих насекомых.

Комплексными или интегрированными называются перечисленные меры, применяемые в сочетании друг с другом на основе научного обоснования.

К агротехническим мерам защиты земель относятся и мероприятия по снижению избыточного уплотнения почв.

Под **машинной деградацией почвы (МДП)** понимается комплекс вредных последствий массивного воздействия на нее ходовых систем машин и рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Сюда входят переуплотнение почвы и истребление почвенных микроорганизмов, нарушение структуры, снос перемолотой земли водой и ветром. Только из-за переуплотнения урожай зерновых снижается на 20%, бесполезно расходуется до 40% минеральных удобрений и 18% горючего [8].

Интенсивное применение тяжелой техники приводит не только к разрушению структуры пахотного слоя, но и к уплотнению глубоких горизонтов почвы, а возникшая на глубине 50—70 см повышенная плотность не восстанавливается до оптимальных величин [4]. Таким образом, наиболее опасным эффектом МДП является повышенное уплотнение корнеобитаемого слоя. Это явление тем более пагубно, что оно проявляется незаметно для земледельца и имеет тенденцию прогрессирующего нарастания.

Роль плотности в становлении свойств почвы к жизни растений многогранна: она оказывает значительное влияние на накопление воды и пищи, а также соотношение воды и воздуха в почве. На плотных почвах резко ухудшаются водный режим и газообмен, снижается биологическая активность.

Различные растения неодинаково реагируют на степень уплотнения почвенного профиля. До некоторой степени переносят уплотнение

корнеобитаемого слоя подсолнечник, люцерна, хлопчатник, рис, слива, вишня. Наоборот, очень рыхлых почв требуют овощные культуры, кукуруза, черешня, виноград. Особенно неблагоприятна высокая плотность для клубнеплодов. У картофеля, например, увядает ботва, клубни деформируются, удлиняются, падает урожайность.

Плотность почвы оказывает влияние на численность микроорганизмов, биологическую активность почвы. Нормальный газообмен нарушается при плотности более $1,45 \text{ г/см}^3$ [12]. Начинает проявляться анаэробизис, что вызывается сокращением количества макропор и крупных капилляров, подавляется диффузия воздуха и газообмен между почвой и атмосферой, в почвах резко снижается содержание кислорода, меняется направление биологического превращения веществ, подавляется разложение органического вещества.

Предупреждение избыточного уплотнения почв ведется в двух направлениях: совершенствование сельскохозяйственной техники и совершенствование технологий возделывания земель в растениеводстве.

В первом направлении решается задача создания машин, совместимых с почвой, ведутся поиски конструктивных решений уменьшения давления на почву. Обработывающая техника должна отвечать определенным требованиям: предпочтительно быть широкозахватной, позволяющей комбинировать агрегаты и орудия обработки земли, не превышающей допустимых нормативов давления на почву.

Во втором направлении решается задача минимизации проходов техники по полю и содействия разуплотнению почв.

В. А. Заленский и Я. У. Яроцкий обобщают возможные меры по снижению уплотнения почвы, называя следующие:

- разработка почвоохранных ходовых систем тракторов и сельскохозяйственной техники, рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, бестракторной системы машин (мостовое, канатное земледелие), комбинированных машин и орудий, широкозахватных агрегатов;

- использование широкопрофильных (1 200—1 800 мм) шин, использование шин увеличенного размера, арочных шин, сдвоенных колес, полугусеничных и гусеничных (резино-армированных) ходов;

- исключение работы колесных тракторов;

- применение комбинированной системы почвообработки, предусматривающей разрушение плужной подошвы и органическую

связь пахотного и подпахотного слоев (чередование вспашки с бесплужной обработкой);

- сокращение кратности проходов сельскохозяйственной тракторной техники по полю за счет применения широкозахватных и комбинированных агрегатов;

- заправка агрегатов семенами, удобрениями, гербицидами, топливом у края поля без наезда на него тракторных средств;

- использование направляющей колеи в интенсивных технологиях возделываемых культур для их ухода;

- внесение органических и минеральных удобрений, известковых материалов;

- возделывание культур в севообороте со стержневой корневой системой;

- рыхление почвы чизелями, глубокорыхлителями [62].

Для предотвращения уплотненности почв необходимо проводить обработку при низкой влажности.

Необходимо отметить, что все сельскохозяйственные культуры как биологические объекты, способствуют разрыхлению почвенной массы. Особенно эффективны многолетние травы и подсолнечник.

В соответствии с Кодексом Республики Беларусь «О земле» землепользователи должны осуществлять в границах предоставленных им земельных участков восстановление деградированных земель, в том числе рекультивацию нарушенных земель.

Рекультивация (от лат. *recultivo*, где *re* — приставка, означающая повторность, возобновление и *cultivo* — обрабатываю, возделываю) — комплекс организационных, инженерно-технических и биологических мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной (производственной), медико-биологической и эстетической ценностей нарушенных ландшафтов. Полное восстановление нарушенного естественного покрова искусственным путем невозможно в принципе, так как почва относится к невозпроизводимым природным образованиям. Поскольку отчуждение земель и нарушение почвенного покрова обусловлено производственной необходимостью, то полностью остановить этот процесс также невозможно, но можно регулировать и сводить к минимуму негативные последствия путем восстановления ландшафтной обстановки подобной прежней. При этом ставится задача — создать оптимальный для конкретной территории ландшафт, который будет

успешно выполнять ресурсовоспроизводящие, средовоспроизводящие и природоохранные функции.

Разработка методов рекультивации земель невозможна без знания динамики экологических условий в процессе техногенного воздействия, без прогнозирования их изменений в будущем. Это, в свою очередь, требует проведения системных экологических исследований с одновременным изучением закономерностей формирования почвенного покрова, растительности и фауны в зависимости от геоморфологических, литологических, гидрогеологических и зонально-климатических условий. Многостороннее воздействие техногенеза на природные ландшафты и различная степень его выражения (ответная реакция экосистемы) не позволяют однозначно подходить к решению вопросов рекультивации земель. Не всегда оказывается целесообразным восстановление тех комплексов, которые были до нарушения, тем более что при современной технической перестройке ландшафтов появилась возможность улучшения условий окружающей среды, исправления нарушений в системе природного экологического баланса.

В Республике Беларусь планомерно осуществляется рекультивация нарушенных земель (табл. 3.1).

В рекультивации, как правило, нуждаются земли, нарушенные разработкой недр, месторождений полезных ископаемых. Разработка недр является одним из самых интенсивных источников антропогенного воздействия на окружающую среду, потому что в процессе вскрытия и использования недр уничтожается плодородный слой земли, растительность, изменяется водообменный режим в недрах, загрязняется атмосферный воздух пылью и газами.

Т а б л и ц а 3.1 — Рекультивация нарушенных земель в Республике Беларусь, га

Область	Год			
	1999	2000	2003	2004
Брестская	914	1 197	540	319
Витебская	378	683	588	200
Гомельская	334	557	679	204
Гродненская	179	117	174	135
Минская	875	464	1 271	974
Могилевская	163	144	277	182
Всего по республике	2 843	3 162	3 529	2 014

По состоянию на 1 января 2005 года Государственным балансом запасов полезных ископаемых Республики Беларусь учтено 10 431 месторождение, в том числе 68 — нефти, 192 — торфа, 2 — угля, 3 — калийных солей, 3 — поваренной соли, 626 — строительных материалов, 201 — минеральных вод и 256 — пресных подземных вод [45].

В разработке находятся не все учтенные месторождения, но достаточно большое количество — более 500. Способы разработки недр применяются разные. Посредством буровых скважин производится добыча пресных и минеральных вод, поваренной соли и нефти.

В процессе бурения и извлечения полезных ископаемых через скважины на земной поверхности идет разрушение природных комплексов, загрязнение вод и почвы.

Карьерный способ применяется при добыче строительных материалов, шахтный (подземный) метод — сильвинита (калийной руды) на Старобинском месторождении, где работают 4 рудника и добывается свыше 40 млн тонн породы в год. При переработке сильвинита, содержащего 26% KCl, почти 75% его массы идет в отходы, образующие солеотвалы.

В районе добычи калийной соли произошло практически полное техногенное преобразование земной поверхности. Площадь солеотвалов — 5 тыс. га (ранее плодородных земель), на которых располагается более 500 млн т пустой породы в виде терриконов высотой до 100 м. Под ними наблюдается просадка земной поверхности [46].

Одной из серьезных проблем защиты природной среды при нефтегазодобыче является ликвидация нефтяного загрязнения почвы. Нефть и нефтепродукты нарушают экологическое состояние почвенных покровов и в целом деформируют структуру биоценозов. Устранение разливов нефти позволяет значительно улучшить санитарное состояние не только на территориях, непосредственно прилегающих к технологическим объектам, но и окружающей среды — воздуха и воды.

Проблема рекультивации земель и водных объектов в районах разлива нефтепродуктов часто затруднена чрезвычайно высоким уровнем их загрязнения, препятствующим деятельности углеводородоокисляющей микрофлоры и естественному самоочищению [57].

Восстановление нефтезагрязненных земель является в настоящее время одним из сложных и в то же время малозученных объектов рекультивации. Во всех мероприятиях, связанных с ликвидацией

последствий загрязнения, с восстановлением нарушенных земель, необходимо исходить из главного принципа: не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении.

Среди методов ликвидации нефтяных загрязнений почв выделяются следующие группы методов:

1) механические (обваловка загрязнения, откачка нефти в емкости насосами и вакуумными сборщиками). Проблема очистки при просачивании нефти в грунт не решается: проводится замена почвы, вывоз почвы на свалку для естественного разложения;

2) физико-химические:

– сжигание (экстренная мера при угрозе прорыва нефти в водные источники). В зависимости от типа нефти и нефтепродукта таким путем уничтожается от $1/2$ до $2/3$ разлива, остальное просачивается в почву. При сжигании из-за недостаточно высокой температуры в атмосферу попадают продукты возгонки и неполного окисления нефти. Землю после сжигания необходимо вывозить на свалку (так называемая «горелая земля»);

– предотвращение возгорания применяется при разливах в цехах, жилых кварталах, на автомагистралях, где возгорание опаснее загрязнения почвы; в этом случае изолируют разлив сверху противопожарными пенами или засыпают сорбентами;

– промывка почвы проводится в промывных барабанах с применением ПАВ, промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или емкостях, где впоследствии производится их разделение и очистка;

– дренирование почвы. Разновидность промывки почвы на месте с помощью дренажных систем; может сочетаться с биологическими методами, использующими нефтеразлагающие бактерии;

– сорбция. Сорбентами засыпают разливы нефтепродуктов на сравнительно твердой поверхности (асфальте, бетоне, утрамбованном грунте) для поглощения нефтепродукта и снижения опасности пожара;

3) биологические:

– фитомелиорация, включает устранение остатков нефти путем высевы нефтестойких трав (клевер ползучий, щавель, осока), активизирующих почвенную микрофлору; является окончательной стадией рекультивации загрязненных почв;

– биоремедиация подразумевает применение нефтеразлагающих бактерий, необходимость заправки культуры в почву, периоди-

ческие подкормки растворами удобрений, ограничения по глубине обработке, температуре почвы (процесс занимает 2—3 сезона).

Наиболее приемлемыми на сегодняшний день считаются биологические методы рекультивации, так как они не наносят экосистеме большой вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении, и процесс очищения почвы значительно быстрее по сравнению с другими методами рекультивации.

Национальным планом действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006—2010 годы предусмотрены мероприятия по снижению негативного влияния освоения недр на природную среду, в частности, на землю. Одним из направлений такой деятельности определено проведение инвентаризации заброшенных и действующих карьеров и их рекультивация. Особую опасность представляют собой брошенные карьеры, так как они являются бесхозными землями и одновременно объектами активного развития ветровой эрозии.

Рекультивация земель включает два этапа: технический и биологический. Они охватывают различные мероприятия горно-технического, сельскохозяйственного, водохозяйственного, санитарно-гигиенического и эстетического характера. Такое разнообразие состава работ привело к их классификации по ряду признаков [39].

По типу выполняемых работ они подразделяются на:

- ландшафтно-восстановительные (землевозстановительные), связанные с восстановлением нарушенного горными работами ландшафта;
- экоохранные (средозащитные), связанные с устранением и нейтрализацией вредного воздействия горных пород на среду жизнеобитания.

По укрупненным технологическим признакам выделяются следующие комплексы работ:

- горно-технические — восстановление нарушенного рельефа местности;
- горные и биомелиоративные — восстановление почвенного покрова и растительности;
- инженерно-строительные и гидротехнические — освоение восстановленных территорий под строительство и зоны отдыха;
- горно-строительные — гидрогеологическое регулирование в районе разработок;

– инженерно-технические борьба — с пылевым загрязнением, сейсмическими и шумовыми нарушениями.

По виду и составу технологических процессов землевосстановительные работы классифицируются на:

– горно-планировочные — разравнивание и планировка поверхности отвалов, выполаживание или террасирование склонов, откосов, уступов в карьерах;

– инженерную подготовку восстанавливаемых площадей — отвод поверхностных вод и защита от подтопления, размыва и заболачивания, борьба с оврагообразованием и эрозией, устройство дорог, подъездов, съездов;

– горные — снятие, хранение, повторное использование почвы;

– биомелиоративные — восстановление прежнего плодородия перемещенной почвы или создание плодородного слоя на материнской породе;

– инженерные — искусственное уплотнение отвалов;

– гидротехнические — строительство водохозяйственных объектов (устройство ложа водоема, производство береговых укрепительных работ, устройство водозаборных и сбросных сооружений).

Под качеством рекультивации понимается совокупность свойств восстановленных земель, обуславливающих их пригодность удовлетворить определенным требованиям в соответствии с целевым назначением.

3.2 Особенности территориального размещения животноводческих и других сельскохозяйственных объектов

Объекты сельскохозяйственного назначения, а также перерабатывающие предприятия и организации должны иметь необходимые санитарно-защитные зоны и очистные сооружения, исключающие загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, водосборных площадей и атмосферного воздуха.

Для объектов сельского хозяйства, являющихся источником воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ, соз-

даваемых ими шума и вибраций и других вредных физических факторов, а также с учетом влияния их на среду обитания и здоровье человека, в соответствии с санитарной классификацией установленные размеры санитарно-защитных зон (табл. 3.2).

Т а б л и ц а 3.2 — Размеры санитарно-защитных зон для сельскохозяйственных объектов

Класс	Примеры объектов	Размеры зон, не менее м
I	<ol style="list-style-type: none"> 1. Свиноводческие комплексы. 2. Птицефабрики. 3. Комплексы крупного рогатого скота 	1 000
II	<ol style="list-style-type: none"> 1. Свинофермы. 2. Фермы звероводческие (норки, лисы и др.). 3. Склады для хранения ядохимикатов свыше 500 т. 4. Производства по обработке и протравлению семян. 5. Склады сжиженного аммиака и аммиачной воды. 6. Авиаобработка сельскохозяйственных угодий пестицидами (от границ поля до населенного пункта). 7. Пасеки промышленного пчеловодства (от предприятий, выпускающих кондитерские изделия, безалкогольные напитки, сахарных заводов расстояние должно быть не менее 5 000 м) 	500
III	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фермы крупного рогатого скота (всех специализаций), овцеводческие, коневодческие. 2. Фермы птицеводческие. 3. Склады для хранения ядохимикатов и минеральных удобрений более 50 т. 4. Обработка сельскохозяйственных угодий пестицидами с применением тракторов (от границ поля до населенного пункта) 	300
IV	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кролиководческие фермы. 2. Постройки для содержания животных и птицы частного пользования при квартальной застройке. 3. Ветеринарные лечебницы с содержанием животных. 4. Теплицы и парники. 5. Склады для хранения минеральных удобрений, ядохимикатов до 50 т. 6. Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений (зона устанавливается до предприятий по хранению и переработке пищевой продукции). 7. Цехи по приготовлению кормов, включая использование пищевых отходов. 8. Гаражи и парки по ремонту, технологическому обслуживанию и хранению автомобилей и сельскохозяйственной техники. 9. Подсобные хозяйства промышленных предприятий (свинарники, коровники, птичники, зверофермы) до 100 голов. 10. Склады горюче-смазочных материалов 	100
V	<ol style="list-style-type: none"> 1. Хранилища фруктов, овощей, картофеля, зерна. 2. Материальные склады. 3. Ветеринарные лечебницы без содержания животных 	50

Проекты размещения животноводческих и других объектов в сельском хозяйстве должно проходить оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС). Именно на стадии ОВОС, с учетом мнения населения в ходе обязательного общественного слушания, можно исключить ошибки в размещении сельскохозяйственного объекта.

3.3 Утилизация отходов животноводства

Благодаря высокому содержанию сравнительно легкоразлагаемого органического вещества, сбалансированному содержанию важнейших биогенных элементов (NPK) и необходимым растениям микроэлементов навоз и птичий помет издавна считаются ценными удобрениями. Во многих странах с высококультурным земледелием рациональное использование отходов животноводства позволяет существенно снизить производство и применение минеральных удобрений. Например, в Англии отходы животноводства обеспечивают всю пахотную площадь страны азотом — 75, фосфором (P_2O_5) — 25, калием (K_2O) — 75 кг / га, что позволяет выпускать меньше минеральных удобрений; одновременно решается проблема утилизации отходов животноводства и защиты окружающей среды от загрязнения экскрементами животных и птиц [78].

Однако при неграмотном использовании в качестве удобрений отходов животноводства и птицеводства происходит загрязнение почвы и сельскохозяйственных растений патогенными микроорганизмами и семенами сорных трав, перенасыщение питательными веществами пахотного слоя удобряемых угодий. С поверхностными стоками биогенные элементы и патогены поступают в водоемы, стимулируя развитие сине-зеленых водорослей, снижая содержание кислорода в воде, вызывая заморы рыбы. Избыточное внесение экскрементов животных в почву ведет к увеличению содержания в ней подвижного цинка и железа, иногда меди и магния, повышению содержания нитратов.

В Румынии после девяти лет орошения сточными водами свиноводческого комплекса в пахотном горизонте содержание нитратов достигало 250 мг / кг почвы и 100 мг / кг на глубине 1 м, что существенно превышает ПДК.

Применение больших количеств навоза на пастбищах также приводит к появлению избыточного NO_3^- в почвах и кормовых культурах, вызывая нарушения обмена веществ у животных. Аналогичное действие вызывает силос с повышенным содержанием нитратов. Продукция животноводства также может содержать нитраты выше допустимых норм, если животных кормили подобными кормами.

Загрязнение биосферы при использовании отходов животноводства в земледелии происходит из-за недостатков технологии их переработки и внесения в почву.

К таким недостаткам можно отнести:

1) недостаток оборудования для использования в орошении животноводческих стоков и жидкой фракции бесподстильного навоза, отсутствие трубопроводного транспорта, полевых навозохранилищ;

2) недостаточное использование подстильных материалов (соломы и торфа), несовершенство систем навозоудаления, что в 1,5— 2,0 раза снижает выход органических удобрений и вызывает ежегодные потери десятков миллионов тонн жидких органических компонентов навоза;

3) недостаточная оснащенность большинства хозяйств техникой для компостирования, навозохранилищами и площадками для компостирования, что снижает количество и качество компостов на базе навоза;

4) широкое использование свежего, неперепревшего навоза, повышающего засоренность посевов и опасность загрязнения почв патогенами и гельминтами;

5) отсутствие совершенной техники для внесения органических удобрений, недостаточное использование навозоразбрасывателей и, как следствие, неравномерное внесение навоза и компостов;

6) при проектировании животноводческих комплексов нарушение соотношения численности животных и удобряемой площади (2—3 условных головы крупного рогатого скота на 1 га), что ведет к избыточному внесению навоза в пахотные почвы и загрязнению окружающей среды.

Опасность навоза в том, что он может вызывать биологическое загрязнение. В одном грамме навоза может содержаться до 170 млн микроорганизмов, в том числе патогенных, вызывающих эпидемии и эпизоотии. Согласно данным Всемирной организации здраво-

охранения (ВОЗ), экскременты определены как фактор передачи более 100 видов различных возбудителей болезней животных, птиц, человека с большим сроком выживаемости.

Сроки выживаемости патогенных микроорганизмов, яиц гельминтов в навозе следующие:

- микобактерии туберкулеза — 25 лет;
- бациллы сибирской язвы — 60 лет;
- сальмонеллы паратифов — 2 года;
- сальмонеллы брюшного тифа — 3 года;
- листерии — 2 года;
- вирус ящура — 2 года;
- яйца аскарид — 6,5 лет;
- яйца фасциол — 2 года [14].

Использование навозных стоков в качестве удобрения без предварительной обработки не представляется возможным в связи с тем, что эта жидкая смесь содержит большое количество аммиака, солей аммония, которые, создавая щелочную реакцию среды, «сжигают» почву и почвенные микроорганизмы, находящиеся в ней. Кроме того растения для своей жизнедеятельности могут использовать неорганические компоненты питания. Чтобы перевести органические вещества, содержащиеся в навозе и неупотребляемые растениями, в неорганические, используют различные виды переработки навоза.

В настоящее время освоены следующие способы переработки навоза:

- орошение полей сточными водами животноводческих ферм;
- компостирование — аэробное или анаэробное сбраживание отходов собственной микрофлорой в течение 13—15 суток;
- анаэробное сбраживание отходов собственной микрофлорой в реакторах с целью получения биогаза;
- аэробное сбраживание в реакторах с перемешиванием и принудительной аэрацией собственной микрофлорой.

Кроме того одним из эффективных способов утилизации сточных вод животноводческих комплексов является использование их для орошения. При орошении полей сточными водами решается одновременно несколько задач: увлажняется почва и утилизируются питательные элементы сточных вод, что повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Однако несбалансированное для сельскохозяйственных растений содержание отдельных видов биогенных веществ в стоках может нанести экологический ущерб водным объектам и почве в результате избыточного поступления отдельных биогенных элементов, содержащихся в стоках. В первую очередь, это относится к соединениям азота и фосфора. Практика использования стоков при орошении на различных животноводческих объектах показала, что органические вещества стоков не создают угрозы загрязнения почв, поскольку поверхностный слой земли обладает мощной деструкционной способностью. Избыточное содержание азота в почве представляет опасность в основном для водных объектов, куда они вымываются.

Стоки ферм перед подачей для орошения первоначально необходимо разделять на фракции — жидкую и твердую. Твердая фракция вывозится на поля и запахивается, жидкая используется для орошения. Снижение содержания взвешенных веществ проводится в отстойниках.

При орошении навозные стоки, фильтруясь через почвенный слой, подвергаются активному воздействию почвенных микроорганизмов. В результате сложного комплекса биологических и биохимических процессов происходит обогащение почвы органическим веществом и минеральными элементами. Исследования Н. С. Мусийчука и В. И. Шмакова показали, что после прохождения метрового слоя почвы поглощение органических веществ из жидкого навоза составляет: азота — 98,2, калия — 99,7, фосфора — 100% [44]. Использование стоков на удобрительное орошение позволяет уменьшить потребность хозяйств в минеральных удобрениях, повысить урожайность кормовых культур и предотвратить загрязнение водоемов.

Для предотвращения загрязнения почвенных горизонтов на орошаемых массивах и прилегающих территориях поступление биогенных элементов нормируется, их концентрация снижается путем разбавления чистой водой. Необходимо вести регулярный лабораторный контроль качества стоков, состояния почвы и грунтовых вод, качества растениеводческой продукции и по итогам контроля корректировать режим орошения.

Для предупреждения загрязнения грунтовых вод необходимо строгое соблюдение режима орошения, техники полива, эксплуатационных требований, а также наличие дренажа. В районе орошения сточными водами создается сеть наблюдательных скважин.

При правильной эксплуатации оросительной системы грунтовые воды не загрязняются, в почве обеспечиваются полная очистка сточных вод и их обеззараживание, а также сохраняется необходимый режим грунтовых вод.

Полив сточными водами улучшает водно-физические и физико-химические свойства почвы. Высокая водопроницаемость и фильтрационная способность легких песчаных почв в результате многолетнего орошения сточными водами снижается, накапливается гумус (в результате закрепления органического вещества), уменьшается объемная масса, а капиллярная влагоемкость увеличивается. Образующиеся водопрочные агрегаты увеличивают гидрофильность и способность почвы лучше поглощать воду и питательные вещества.

Метод доочистки сточных вод животноводческих ферм на полях орошения широко применяется в Венгрии, Чехии, Словакии, Великобритании, Швейцарии, Австралии, Канаде, США.

Процесс аэробной ферментации отходов более эффективен, чем компостирование, но для него характерна большая длительность процесса переработки при использовании ранее предложенных технологий. Для ускорения процесса аэробной ферментации предложено использовать специальную культуру микроорганизмов, применяемых в оптимальных условиях по температуре, аэрации и перемешиванию. Для реализации этих условий требуется специальное оборудование.

Предложенный Т. Э. Ериной и А. Ю. Винаровым аэробный ускоренный биотехнологический процесс переработки жидких навозных стоков представляет собой глубинное культивирование культур *Endomycopsis fibuliger* и *Ervinia specias*, приводящих к изменению видового состава микрофлоры и сопровождаемое ускоренной утилизацией наиболее неустойчивых веществ, подверженных микробному разложению (биотрансформации) в естественных условиях, таких как меркаптаны, скатолы, сероводород и т. п. [20].

Аэробная ферментация стоков с содержанием сухих веществ от 12 до 14% проводится в опытно-промышленном биореакторе рабочим объемом 9 м³ при температуре 25—30°C в течение 70—90 ч. Биореактор представляет собой аппарат с барботажным устройством и выносным циркуляционным контуром, с оснащением теплообменником.

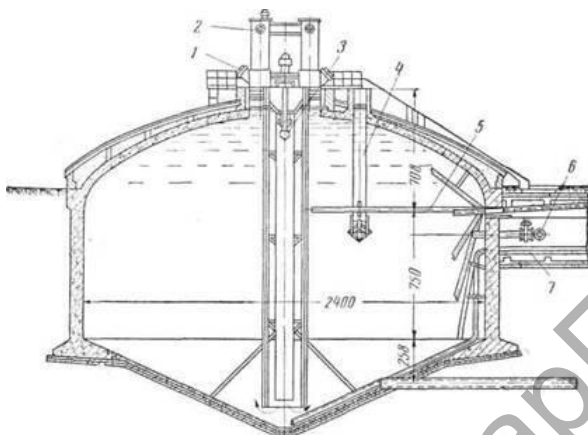
В настоящее время существуют несколько технологий утилизации отходов животноводства через получение биогаза, внедренные на многих фермах Европы, Америки, Китая. Однако в нашей стране эффективность этих технологий сдерживается высоким уровнем затрат на поддержание оптимального температурного режима для процесса метанового сбраживания. Исследования по этому направлению необходимо продолжать с учетом климатических особенностей нашей страны.

Термином «**биогаз**» обозначают газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной (т. е. происходящей без доступа воздуха) ферментации (перепревания) органических веществ самого разного происхождения. Можно использовать растительные и хозяйственные отходы, навоз, сточные воды и т. п. (чаще всего навоз или птичий помет). Получается смесь из 65% метана, 30% углерода, 1% сероводорода и незначительных примесей азота, кислорода, водорода и угарного газа. В основе получения биогаза лежит процесс метанового брожения, или биометаногенез — процесс превращения биомассы в энергию. В нем участвуют свыше 190 различных микроорганизмов.

Основой любой биогазовой установки является метантенк (рис. 3.1). В реакторе устанавливаются системы термостатирования, отбора биогаза, перемешивания. Объемы метантенков могут варьировать в больших пределах — от 3 м³ до 5 тыс. м³. Для нормального протекания процесса анаэробного сбраживания необходимо поддержание оптимальных условий в реакторе (температура, анаэробные условия, достаточная концентрация питательных веществ, допустимый диапазон значений pH, отсутствие или низкая концентрация токсичных веществ).

Соблюдение этих норм позволит добиться весьма высокой производительности: одна корова способна обеспечить получение 2,5 м³ газа в сутки, бык на откорме — 1,6, свинья — 0,3, птица — 0,02 м³. Биогаз реально может обеспечить потребности сельской местности в энергии.

Бесподстиличный навоз, получаемый на комплексах и фермах, является огромным резервом питания растений и может быть эффективно использован для удобрения почв. Но для этого требуется соблюдение требований, связанных с защитой окружающей среды от загрязнения:



1 — смотровой люк; 2 — газопровод $d = 200$ мм;
 3 — пропеллерная мешалка; 4 — переливная труба;
 5 — трубопровод $a = 250$ мм для загрузки осадка и активного ила;
 6 — инжектор для подогрева метантенка;
 7 — трубопровод $d = 250$ мм для выгрузки сброженного осадка

Рисунок 3.1 — Метантенк с неподвижным перекрытием [57]

- правильный выбор места строительства комплексов и выделение необходимой площади сельхозугодий для полного использования навоза в качестве удобрений,
- получение на животноводческих комплексах бесподстилочного навоза влажностью не более 95%,
- предварительное выдерживание навоза в навозохранилищах, оборудованных обеззараживающими реагентами,
- применение оптимальных норм навоза с учетом особенностей удобряемых культур.

Во многих странах мира жидкий навоз и стоки используются для удобрения и увлажнения сельхозугодий. Известен опыт Германии, Италии, Голландии, где использование жидких отходов основывается на том, что сточные воды фильтруются через почвенные слои, очищаются от различных веществ и, активно удобряя почву, повышают ее плодородие.

Важнейшее условие применения бесподстилочного навоза в растениеводстве — наличие достаточных площадей сельхозугодий

для размещения органического удобрения. Эти площади называются земельными полями орошения (ЗПО). Их площадь должна быть в среднем не менее 100 га, чтобы не допустить перенасыщения почв стоками [14].

В странах Евросоюза максимальные нормы внесения азота с навозом на пашне ограничены 170 кг / га, на лугопастбищных угодьях — 210 кг / га. При этом имеется в виду количество азота, поступившего в почву, с вычетом потерь в процессе хранения (10%) и потерь в форме аммиака в поле до заделки в почву. Лимит по фосфору P_2O_5 для сельскохозяйственных угодий — 90 кг / га.

Существуют три системы применения жидкой фракции навоза в качестве органических удобрений: стационарные ЗПО, внесение навоза мобильным транспортом и комбинированные системы.

В Беларуси разработана концепция экологически безопасного использования животноводческих стоков, суть которой состоит в следующем:

1. До орошения или внесения мобильным транспортом животноводческие стоки должны быть обеззаражены согласно нормативным санитарно-гигиеническим требованиям.

2. Концентрация питательных веществ в стоках должна соответствовать требованиям сельскохозяйственных культур.

3. Стоки, идущие на удобрение, предварительно должны быть очищены от загрязнителей (сульфатов, хлоридов, тяжелых металлов и др.).

4. Количество воды и стоков на ЗПО не должно превышать потребности растений в воде и водоудерживающую способность корнеобитаемого слоя почвы.

5. Система водообеспечения животноводческого комплекса должна быть полузамкнутой, т. е. объем стоков (до 50%), поступающих за пределы комплекса, должен восстанавливаться равным количеством чистой воды.

6. Мелиоративная система должна быть водооборотной.

7. На луговых угодьях следует использовать очищенные стоки, исключив утилизацию смеси, именуемую «животноводческими стоками» (такая смесь включает 18—25% хозяйственно-бытовых стоков, 9—11% стоков ливневой канализации, 5—7% стоков котельной). Неочищенные стоки обладают низкой удобрительной ценностью, создают дополнительную гидрогенную нагрузку на ЗПО,

загрязняют почву техногенными элементами, усиливают ее засоление, увеличивают износ трубопроводов, запорно-регулирующей аппаратуры и насосных станций. Большие трудности создает отложение солей (аммонийно-магниевых фосфатов) на насосно-силовом оборудовании, которое быстро выходит из строя (через 800—1 100 часов работы).

Главное в этой концепции — почва должна быть объектом удобрительного полива, а не субстратом утилизации стоков.

В Российской Федерации предложен способ утилизации стоков доильных залов молочных ферм [68].

Стоки собирают в отстойник, где производят осаждение твердой фракции. Затем — биологическую обработку жидкой фракции. После биологической обработки стоки перекачивают в бак корректировки химического состава, производят контроль содержащихся в стоках основных элементов питания, их корректировку и корректировку концентрации раствора, добавляют простой суперфосфат и вносят питательный раствор под растения. Эта технология обеспечивает полное круглогодичное использование стоков доильных залов молочных ферм для полива и подкормки растений и тем самым снижения загрязнения окружающей среды вокруг животноводческих ферм.

Интересный метод предлагается украинскими учеными-почвоведом и агрохимиками — *метод упаривания жидкого навоза и получения из него гранулированных органико-минеральных удобрений (ОМУ)* [72]. Жидкий навоз из животноводческого помещения подается на виброфильтр, где происходит разделение на твердую и жидкую фракции. Твердая фракция влажностью до 70% подвергается термической обработке в стерилизаторе, после чего поступает в смесительную машину, туда же подаются минеральные туки и перемешиваются с навозом. В итоге получается ОМУ. Жидкую фракцию перекачивают в выпарную установку, а затем в испаритель для дальнейшего обезвоживания. Испарившаяся вода конденсируется и используется для технических нужд: гидросмыв, мытье полов и др. Оставшаяся масса экскрементов животных поступает опять в смеситель, где приготавливаются удобрения.

Особенностями технологии являются:

– переработка свежей органики натуральной влажности, что позволяет максимально сохранить в готовом продукте питательную

ценность свежего навоза (помета), в том числе и органические вещества;

– получаемые по технологии ОМУ не содержат патогенной микрофлоры, яиц гельминтов и обладающих всхожестью семян сорняков, не вызывают ожогов растений, медленно усваиваемы и оптимально вписываются в природный механизм почвенного плодородия, т. е. ОМУ являются не только удобрением, но и кормом для почвенной микрофлоры, которая, в свою очередь, дает питание растениям.

Внедрение такого метода в практику сдерживается его высокой энергоемкостью.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое деградация земель? В чем она проявляется? Что служит причинами деградации?
2. Что относится к лесомелиоративным мероприятиям по защите почвенных ресурсов?
3. Для каких целей используется известкование?
4. Что такое рекультивация? В каких целях она проводится?
5. Как воздействуют на окружающую среду животноводческие комплексы?

Глава 4

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Предположительно, впервые понятие «энергия» появилось в трудах Аристотеля более 2 тыс. лет назад. Энергия (от гр. *energeia*) — действие, деятельность.

Энергосбережение — организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации.

Основными понятиями в сфере энергосбережения выступают следующие:

– **топливно-энергетические ресурсы** — совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике;

– **эффективное использование топливно-энергетических ресурсов** — использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий, и соблюдении законодательства;

– **рациональное использование топливно-энергетических ресурсов** — достижение максимальной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

4.1 Понятие возобновляемых источников энергии. Краткая характеристика возобновляемых источников энергии

Под **нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии** понимаются источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцированного природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых и промышленных отходов.

Если принять мировой объем использования всех возобновляемых источников энергии за 100%, то в перспективе до 2020 г. доля их различных видов по прогнозам составит:

- геотермальной энергии — 7%;
- энергии малых водотоков — 5—9%;
- океанической энергии — 3—4%.

Доля возобновляемых источников в покрытии суммарной мировой потребности в первичных энергетических ресурсах оценивается, согласно прогнозам, в 3—12%.

Перед учеными и хозяйственными деятелями нашей страны стоит задача оценить и максимально эффективно использовать потенциал возобновляемых ресурсов, найти их место в топливно-энергетическом комплексе Республики Беларусь. Решение этой задачи позволит снизить зависимость экономики республики от импорта энергоресурсов, что будет способствовать ее стабильности и развитию.

В настоящее время при планировании мероприятий в сфере энергетики важно учесть особенности возобновляемых источников по сравнению с традиционными, невозобновляемыми.

Возобновляемые источники отличаются, во-первых, периодичностью действия в зависимости от неуправляемых человеком природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности возобновляемых источников — от крайне нерегулярных, как у ветра, до строго регулярных, как у приливов.

Для энергетических источников этой категории характерны низкие плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве, они на несколько порядков ниже, чем у невозобновляемых источников (паровые котлы, ядерные реакторы), поэтому энергоустановки на возобновляемых источниках эффективны при небольшой единичной мощности, и, прежде всего, для сельских районов.

Применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Отходы животноводства и растениеводства на агропромышленных предприятиях одновременно могут служить сырьем для производства метана, жидкого и твердого топлива, а также удобрений. Поэтому необходима предварительная оценка экономической целесообразности использования их именно в качестве источников энергии, а не в виде удобрений.

Экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости

от природных условий, географических особенностей конкретного региона, с одной стороны, и в зависимости от потребностей в энергии для промышленного, сельскохозяйственного производства, бытовых нужд, с другой. Рекомендуется планировать энергетику на возобновляемых источниках для районов размером примерно 250 км² [32]. При выборе источников энергии следует иметь в виду качество, оцениваемое долей энергии, которая может быть превращена в механическую работу (здесь не учитываются потери на производство, передачу электрической и тепловой энергий).

Общеизвестно, что с помощью электродвигателя более 95% электрической энергии можно превратить в механическую работу. Доля тепловой энергии, получаемой в результате сжигания топлива на ТЭС и превращаемой в механическую энергию, составляет около 30%.

Возобновляемые источники энергии по их качеству условно делятся на три группы:

- источники механической энергии довольно высокого качества: ветроустановки (около 30%), гидроустановки (60%), волновые и приливные станции (75%);

- источники тепловой энергии с качеством не более 35%: прямое или рассеянное солнечное излучение и биотопливо;

- источники энергии, использующие фотосинтез и фотоэлектрические явления: имеют различное качество на разных частотах излучения (в среднем КПД фотопреобразователей составляет примерно 15%).

Основными нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии для Беларуси, которые могут иметь практическое значение, являются:

- а) биомасса;
- б) гидроресурсы;
- в) ветроэнергетические ресурсы;
- г) солнечная энергия;
- д) твердые бытовые отходы;
- е) геотермальные ресурсы.

Биомасса в виде отходов деревообработки (опилки, кора, щепа), сельхозкультур (топинамбур, дягиль, дальневосточная гречиха и др.), сельскохозяйственных и производственных отходов (навоз, солома, отходы сахарного производства и др.), бытовых отходов является сырьем для производства искусственного газообразного и жидкого

топлива. Запасы этого сырья имеют значительные размеры. Ежегодно на полигоны вывозится около 2,5 млн т отходов деревообработки.

Возможны различные технологии переработки биомассы в энергию. Наиболее распространенная из них — это предварительная сушка собранной биомассы с последующим непосредственным сжиганием или пиролизом (переработка с разложением при высоких температурах) или газификацией (превращение твердого топлива в газ в газогенераторах).

Другая технология основывается на анаэробном сбраживании (без доступа воздуха). В процессе такого сбраживания перерабатываются самые разные органические отходы (пищевые, навоз и др.). В результате сбраживания ускоряется природный процесс выделения биогаза — метана. В зависимости от химического состава сырья при сбраживании выделяется 5 — 15 м³ газа из 1 м³ перерабатываемой органики [32].

Биогаз можно использовать для отопления домов, сушки зерна, в качестве горючего для автомобилей и тракторов, для стационарных ДВС. Остаток брожения (шлак) можно брикетировать как твердое топливо или удобрение, содержащее азот, фосфор и калий, а также многие микроэлементы.

Перспективным считается развитие в Беларуси гидроэнергетики на малых реках. Беларусь богата гидроресурсами, по территории страны протекает более 20 000 рек и ручьев. Строительство малых гидроэлектростанций позволит, несомненно, решить ряд региональных энергетических проблем. Однако не стоит забывать и об экологических последствиях масштабного развития гидроэнергетики на малых реках. Изменение гидрологических режимов малых рек и близлежащих водных объектов может отразиться на уровне грунтовых вод, состоянии лесных и луговых экосистем, нарушении процесса воспроизводства рыбы и т. д.

В настоящее время все больше внимания уделяют использованию энергии ветра. Ветер представляет собой перемещающийся в горизонтальном направлении воздух. В результате неравномерного нагрева лучами Солнца поверхности Земли и воздушных масс, находящихся над ней, происходит перепад температур, которые в свою очередь образуют разницу в атмосферном давлении, вследствие чего происходит перемещение воздушных масс. Ветер имеет определенный запас кинетической энергии, зависящей от скорости движения воздушных масс.

С давних времен люди использовали энергию ветра для приведения в движение морских и речных судов, ветряных мельниц и водоподъемников. В наше время ветроэнергетические установки (ВЭУ) преобразуют кинетическую энергию ветра в механическую или электрическую энергию. Механическая энергия чаще всего используется для водяных насосов в сельской местности, а ветроэлектрические турбины вырабатывают электроэнергию для жилых домов, учреждений и предприятий [54].

ВЭУ классифицируют по:

- виду вырабатываемой энергии;
- мощности;
- областям применения;
- назначению;
- признаку работы с постоянной или переменной частотой вращения ветроколеса (ВК);
- способам управления;
- структуре системы генерирования энергии.

В зависимости от вида вырабатываемой энергии ВЭУ подразделяют на две группы:

- механические;
- электрические.

Электрические ВЭУ, в свою очередь, подразделяют на:

- ВЭУ постоянного тока;
- ВЭУ переменного тока.

В зависимости от мощности ВЭУ подразделяют на четыре группы:

- большой мощности — свыше 1 МВт;
- средней мощности — от 100 кВт до 1 МВт;
- малой мощности — от 5 до 99 кВт;
- очень малой мощности — менее 5 кВт.

Существует два основных вида (типа) ветроэлектрических турбин: горизонтально- и вертикально-осевые (рис. 4.1, 4.2) [2].

Наиболее распространены турбины с горизонтальной осью.

Ветряные установки в Дании, Норвегии, Германии, США работают при скорости ветра 5 — 15 м / с.

Однако, по мнению ученых, Беларусь не входит в разряд географических зон с высокой скоростью ветра и не обладает необходимым потенциалом для использования ветряных установок вышеуказанных государств. Например, среднегодовая скорость ветра



Рисунок 4.1 — Горизонтально-осевая ветроэлектрическая турбина

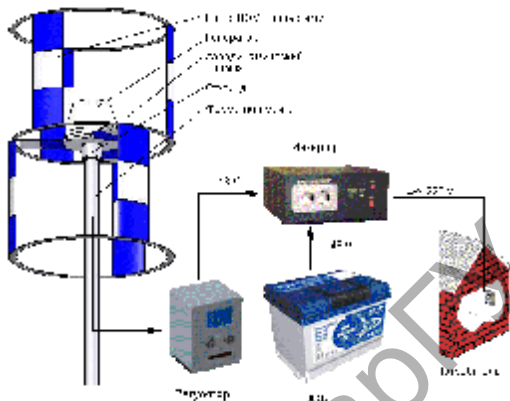


Рисунок 4.2 — Вертикально-осевая ветроэлектрическая турбина

в Минске — 3,5 м / с. В Беларуси можно целесообразно использовать малогабаритные ветроустановки из недорогих материалов, работающее при малых скоростях ветра от 3 м / с, выходящие на номинальную мощность при 8 м / с.

Важным источником энергии является Солнце. Ежегодный поток солнечной энергии, посылаемый на Землю, в 10 раз больше, чем вся энергия, заключенная в топливе, имеющемся в ее недрах. Земля ежедневно получает от Солнца в тысячу раз больше энергии, чем вырабатываемая всеми электростанциями мира.

Существует два пути прямого преобразования солнечной энергии в:

- тепловую (солнечные водонагреватели, коллекторы, теплогретьельные станции и солнечные электростанции);
- электрическую (фотоэлектрические преобразователи или фотогальванические системы).

Солнечные водонагреватели и подобные им установки функционируют следующим образом (рис. 4.3): в солнечном контуре циркулирует теплоноситель (вода или в холодное время антифриз), который, проходя через гелиоприемник, нагревается за счет солнечной радиации. Солнечный контур заполняется антифризом, низко охлаждающей

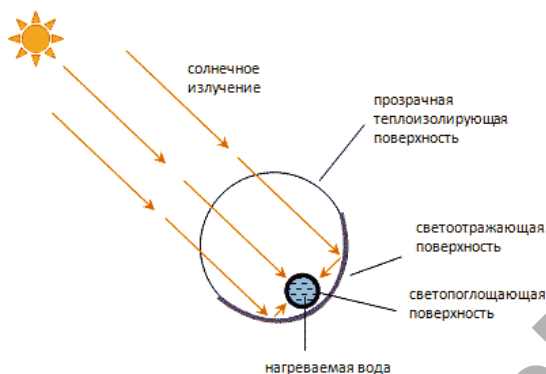


Рисунок 4.3 — Принцип работы солнечного коллектора

жидкостью, с помощью ручного насоса, вода в контуры поступает из водопровода. В баке-теплообменнике теплоноситель отдает накопленное тепло воде, заполняющей бак и поступающей в отопительный контур. Циркуляция воды в этих контурах естественная.

Солнечные электростанции работают по принципу сбора и концентрации солнечных лучей на поверхности парогенератора, установленного высоко над землей. Нагретая солнцем вода дает пар, под давлением устремляющийся по трубопроводам в машинный зал к турбогенератору, вырабатывающему электроэнергию.

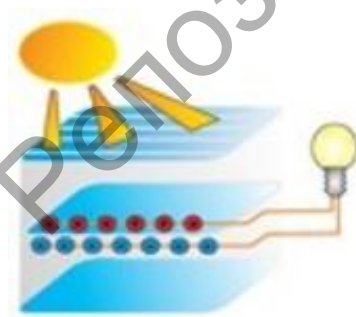


Рисунок 4.4 — Принцип работы фотогальванической установки

Наиболее совершенной разновидностью установок, работающих на солнечной энергии, является фотогальваническая система, при которой энергия солнечного света преобразуется непосредственно в электрическую энергию (рис. 4.4).

Фотогальванические устройства просты в эксплуатации и могут быть установлены для нужд потребителя в короткие сроки, в том числе и в жилых домах. Специальные панели крепятся к земле или крыше дома. Эти приспособления редко выходят

из строя и функционируют, как в солнечные, так и в пасмурные дни. К сожалению, энергия, полученная от фотогальванической системы, обходится примерно в 2—5 раз дороже, чем та, что получается в результате сжигания угля, нефти или природного газа, кроме того, эти приспособления не работают в ночное время.

Рассматривается возможность использования в стране и энергии геотермальных вод. При температурах 100—150°C и слабой минерализации возможно прямое использование геотермальных вод в системах теплоснабжения. При большой минерализации применяется схема с промежуточной очисткой и теплообменниками.

Твердые бытовые отходы также являются важным источником энергии. Они содержат целлюлозу, другие органические соединения, которые могут рассматриваться как ценные источники тепловой и электрической энергии.

4.2 Вторичные энергетические ресурсы, их классификация

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) — это энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе.

Утилизация ВЭР позволяет получить большую экономию топлива и существенно снизить капитальные затраты на создание соответствующих энергосберегающих установок.

Различают следующие виды ВЭР:

– горючие — это горючие газы и отходы одного производства, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других производствах. Это доменный газ — металлургия; щепа, опилки, стружка — деревообрабатывающая промышленность, твердые, жидкие промышленные отходы — химическая и нефтегазоперерабатывающая промышленность и т. д.;

– избыточного давления — это потенциальная энергия покидающих установку газов, воды, пара с повышенным давлением, которая может быть еще использована перед выбросом в атмосферу. Основное направление таких ВЭР — получение электрической или механической энергии;

– тепловые — это физическая теплота отходящих газов, основной и побочной продукции производства, золы и шлаков, горячей воды и пара, отработанных в технологических установках, рабочих тел систем охлаждения технологических установок.

Тепловые ВЭР могут использоваться как непосредственно в виде теплоты, так и для отдельной или комбинированной выработки теплоты, холода, электроэнергии в утилизационных установках.

Кроме того, по степени концентрации энергии различают источники ВЭР:

– высокопотенциальные, прежде всего тепловые ВЭР высокотемпературных (400—1 000°C) технологий, связанных с нагревом, плавкой, обжигом, термообработкой или возгонкой; величина потеря энергии с уходящими дымовыми газами от нагревательных термических потерь доходит до 70%;

– среднепотенциальные — дымовые газы, конденсат, отработанный пар, продуктовые потоки с температурой выше 120°C;

– низкопотенциальные — системы оборотного водоснабжения, охлаждения с изменением температуры воды на 5—10°C, сбросы пара давлением 1—1,5 атм в атмосферу, бытовые стоки, уходящие газы температурой 100—150°C, вентиляционные выбросы.

Энергетический потенциал ВЭР реализуется в утилизационных установках и системах, к которым относятся котлы-утилизаторы, теплообменники, печи, газотурбины, системы оборотного водоснабжения для снижения расхода технологической воды, тепловые насосы и т. д.

В настоящее время повышение уровня использования ВЭР включено в перечень мероприятий по энергосбережению, имеющих приоритетное значение в республике.

Согласно правительственному решению, проведена инвентаризация имеющихся ВЭР. В результате были разработаны предложения по экономически целесообразному их использованию, утверждено положение о взаиморасчетах между теплоснабжающими организациями и поставщиками утилизируемой теплоты ВЭР в системы централизованного теплоснабжения.

Общий энергетический потенциал ВЭР весьма велик и оценивается в интервале 1,9—3,1 млн т условного топлива в год.

Однако для вовлечения его в энергетический баланс республики необходимы значительные капитальные вложения, связанные с внедрением энергосберегающего оборудования и технологий.

Факторами, затрудняющими использование ВЭР, являются также непостоянство их как источника энергии определенных параметров и несовпадение режимов работы установок, производящих ВЭР, с режимами спроса на тепловую энергию. В связи с этим в схемах использования ВЭР должны найти широкое применение аккумуляторы теплоты.

4.3 Использование местных видов топлива

Республика Беларусь относится к странам с бедными природными топливными ресурсами. Лишь 15—18% потребностей республики обеспечивается местными запасами топлива: не обнаружены запасы природного газа, общие извлекаемые ресурсы нефти в республике оценены в 362,1 млн т (525 млн т условного топлива).

В Припятской нефтяной области прогнозируется открытие 470 новых залежей нефти, из них с запасами более 3—4 млн т — 6, 1—3 млн т — 18 месторождений, остальные — ниже 1 млн т.

Общая производительность существующих скважин снижается, так как многие разработанные нефтяные пласты уже истощаются. Это обстоятельство приведет к спаду добычи нефти и в будущем. Прогнозируемые объемы годовой добычи нефти составят 2010 г. — 1,29, 2015 г. — 1,102 млн т.

Прогнозируемый уровень добычи попутного газа в 2010—2015 — 180 млн м³.

В настоящее время в республике ежегодно используется 2 204 тыс. т торфа, что соответствует 769,6 тыс. т условного топлива. Торф в основном используется как удобрение для сельскохозяйственных нужд. Широкомасштабное применение его в качестве топлива может носить негативные экологические последствия (уничтожение уникальных болотных экосистем, увеличение выбросов парниковых газов в процессе сжигания и т. д.).

Потенциал бурых углей в Республике Беларусь достаточно высок. В настоящее время наиболее изученными являются неогеновые угли (залегают на глубине 20—80 м) трех месторождений — Житковичского, Бриневского и Тонежского с общими запасами 152 млн т (37 млн т условного топлива).

Однако имеющиеся в Беларуси бурые угли низкокалорийные (теплота сгорания 1 500—1 700 ккал / кг), влажность — 55—60%, средняя зольность — 17—23%. Поэтому имеющиеся бурые угли можно использовать в качестве коммунально-бытового топлива после подсушки и брикетирования в смеси с торфом или для получения генераторного газа. Кроме того, добыча бурых углей связана с экологическими проблемами в зоне их залегания (белорусском Полесье): необходимо удаление верхнего слоя почвы и лесов, что нанесет невосполнимый ущерб природе.

Запасы горючих сланцев в Беларуси достаточно велики. Общие запасы Любанского и Туровского месторождений Припятского сланцевого бассейна оцениваются в 11 млрд т.

По своим качественным показателям сланцы не являются эффективным топливом из-за высокой зольности и низкой теплоты сгорания.

В районах расположения гидролизных заводов (города Бобруйск и Речица) в отвалах находится около 4—5 млн т гидролизного лигнина влажностью 65% и теплотой сгорания примерно 1 500 ккал / кг. К тому же, при работе заводов на полную мощность ежедневно образуется до 800 т лигнина, большая часть которого вывозится на свалку. До настоящего времени лигнин использовался для приготовления удобрений или в смеси с торфом для производства топливных брикетов.

Потенциальная энергия, заключенная в твердых бытовых отходах (ТБО), образующихся на территории Беларуси, равна 470 млн т условного топлива. Только по городу Минску она составляет 150 тыс. т условного топлива и при их переработке можно получить 30—40 тыс. т условного топлива ежегодно.

Потенциал отходов растениеводства составляет 1,52 млн т условного топлива в год. Целесообразность их сжигания для топливных целей следует решать в сопоставлении с конкретными нуждами хозяйств.

Экономически целесообразным источником замещения части импортируемого топлива в Республики Беларусь является древесная масса: отходы деревообрабатывающего производства, маломерная и сухостойная древесина, кустарники и т. п. Используя ее в качестве топлива, можно ежегодно экономить до 2,5 млн т условного топлива.

На настоящий момент доля древесных отходов в потреблении первичных топливных ресурсов Беларуси составляет всего 2,8%, в будущем ее предполагается удвоить.

Древесные отходы как топливо обладают целым рядом положительных качеств:

- низкое содержание серы и малая зольность (1—2%);
- возможность сжигания отходов с содержанием влаги до 55—60%;
- меньшая эмиссия двуокси углерода и низкая коррозионная агрессивность дымовых газов;
- возможность конденсации влаги дымовых газов и утилизации скрытой теплоты парообразования;
- низкая цена в сравнении с ископаемым топливом;
- возможность наращивания объемов ресурсов;
- использование древесных отходов как топлива адаптируется к существующим технологиям энергопроизводства;
- конечной продукцией преобразования могут являться теплоносители в виде пара, горячей воды, электроэнергии, моторного топлива.

В Беларуси осуществляется программа строительства мини-ТЭЦ и новых котельных на древесных отходах, реконструкции действующих котельных с переводом их на древесное топливо. Объем отходов деревопереработки, лесозаготовок, санитарных рубок леса составляет большой энергетический потенциал, на базе которого можно производить ежегодно 2—3 млрд кВт · ч электроэнергии и несколько сотен тысяч гигакалорий тепловой энергии [32].

В перспективе рассматривается создание в Беларуси специальных плантаций древесного сырья на основе быстрорастущих и высокоурожайных растений и древесно-кустарниковых пород. Более эффективной по сравнению с традиционным сжиганием в отопительных котлах является утилизация древесных отходов посредством сжигания газообразного топлива, получаемого в результате газогенерации отходов.

Объем потребления собственных топливно-энергетических ресурсов к 2015 году оценивается в 5,4 млн т условного топлива или 13,9% валового потребления топливно-энергетических ресурсов в Беларуси. Из них 4,8 млн т условного топлива составляют местные виды топлива и 0,6 млн т условного топлива — нетрадиционные и возобновляемые источники и вторичные энергоресурсы.

В Республике Беларусь определены мероприятия по энергосбережению, имеющие приоритетное значение:

1. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий, материалов, оборудования, включая использование инфракрасных излучателей, тепловых насосов.

2. Организация серийного выпуска высокоэффективного энергосберегающего оборудования и материалов.

3. Оснащение потребителей приборами группового и индивидуального учета и регулирования топливно-энергетических и водных ресурсов.

4. Перевод автомобильных и тракторных парков республики на использование в качестве моторного топлива сжатого природного и сжиженного газа.

5. Замена неэффективных котлов (в том числе и электрокотлов) на более экономичные, а также перевод паровых котлов, используемых для нужд отопления и горячего водоснабжения, в водонагревательный режим.

6. Замещение местными видами топлива и горючими отходами производства импортируемого природного газа, нефтепродуктов и угля, в том числе используемого в технологических процессах топлива.

7. Модернизация промышленно-отопительных котельных с использованием малых паро- и газотурбинных агрегатов, турбодетандерных установок.

8. Повышение уровня использования нетрадиционных, возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов.

9. Внедрение частотно-регулируемых электроприводов.

10. Производство и применение для теплотрасс труб с предварительной тепловой изоляцией.

11. Применение автоматических систем управления освещением и энергоэффективных осветительных устройств.

12. Увеличение термосопротивления ограждающих конструкций существующего жилищного фонда, зданий и сооружений.

4.4 Возможности энергосбережения в бытовых условиях

С каждым годом на бытовые нужды расходуется все большая доля электроэнергии, газа, тепла, воды; в огромных масштабах растет применение бытовой электрифицированной техники. Это обеспечивает возрастание производства электроэнергии, что в свою очередь приводит к усилению негативного воздействия на окружающую среду через выбросы химических загрязнителей.

Коммунально-бытовой сектор является на сегодня крупным потребителем топлива и энергии: на его долю приходится около 20% топливно-энергетических ресурсов. Около 40% расхода электроэнергии приходится на электробытовые приборы, 30% расходуется на освещение и более 12% — на приготовление пищи (в случае применения электроплит).

Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. В них ежегодно расходуется в среднем 400 кВт · ч на человека, из которых примерно 280 кВт · ч потребляется внутри квартиры на освещение и бытовые приборы различного назначения и 120 кВт · ч — в установках инженерного оборудования и освещения общедомовых помещений. Внутриквартирное потребление электроэнергии составляет примерно 900 кВт · ч в год в расчете на «усредненную» городскую квартиру с газовой плитой и 2 000 кВт · ч — с электрической плитой.

Потребность в энергии постоянно увеличивается. Электростанции работают с полной нагрузкой, особенно напряженно — в осенне-зимний период года в часы наибольшего потребления электроэнергии: с 8 до 10 и с 17 до 21 часа.

Установлено, что 15—20% потребляемой в быту электроэнергии пропадает из-за небрежности потребителей. Простота и доступность электроэнергии породили у многих людей представление о неисчерпаемости наших энергетических ресурсов. Между тем электроэнергия сегодня дорожает. Поэтому старый призыв «Экономьте электроэнергию!» стал еще более актуальным.

Первый элемент бытового энергосбережения — рациональное освещение квартиры.

Освещение квартиры складывается из естественного и искусственного. Любое из них должно обеспечивать достаточную освещенность помещения, а также должно быть равномерным, без резких и неприятных теней. В помещении, окна которых выходят на север и частично на запад и восток, попадает лишь рассеянный свет. Для улучшения естественного освещения комнат отделку стен и потолка рекомендуется делать светлой. Естественная освещенность зависит также от потерь света при попадании через оконные стекла. Запыленные стекла могут поглощать до 30% света. Наличие в настоящее время различных химических препаратов для чистки стекол позволяет без особых физических усилий содержать их в надлежащей чистоте.

Значительное количество электроэнергии напрасно расходуется днем в квартирах первых, а некоторых домах — вторых и третьих этажей. Причина этому — беспорядочные посадки зелени перед окнами, затрудняющие проникновение в квартиры естественного дневного света. Согласно существующим нормам деревья высаживаются на расстоянии не ближе 5 м от стен жилого дома, кустарник — 1,5 м.

Искусственное освещение создается электрическими светильниками. В современных квартирах широко распространены три системы освещения: общее, местное и комбинированное.

При общем освещении можно заниматься работой, не требующей сильного напряжения зрения. Светильники общего освещения обычно являются самыми мощными светильниками в помещении, их основная задача — осветить все как можно более равномерно. Для этого обычно используют потолочные или подвесные светильники, установленные в центре потолка. Общую освещенность можно считать достаточной, если на 1 м² площади приходится 15—25 Вт мощности ламп накаливания.

В одном или нескольких местах помещения следует обеспечить местное освещение с учетом конкретных условий. Такое освещение требует специальных светильников, устанавливаемых в непосредственной близости к письменному столу, креслу, туалетному столику и т. п. Например, достаточное освещение листа ватмана при черчении обеспечит светильник с лампой накаливания мощностью 150 Вт на расстоянии 0,8—1 м. Штопку черными нитками (что требует очень высокой освещенности) можно выполнять при лампе мощностью 100 Вт на расстоянии 20—30 см. Для продолжительного чтения рекомендуется светильник с лампой накаливания в 60 Вт.

Комбинированное освещение достигается одновременным использованием светильников общего и местного назначения, а также при помощи светильников комбинированного освещения. К ним относятся многоламповые светильники (например, люстры), имеющие 2 группы ламп, одна из которых обеспечивает местное, а другая — общее освещение. Местное создается световым потоком, направленным вниз (одна лампа накаливания в 100, 150, 200 Вт), а общее — световым потоком, рассеянным во всех направлениях (несколько ламп в 15—40 Вт).

Наиболее рациональным является принцип зонального освещения, основанный на использовании общего, комбинированного или

местного освещения отдельных функциональных зон. Если при освещении этих зон использовать лампы направленного света, настольные лампы, торшеры, бра, то в квартире станет уютнее, а следовательно, и комфортнее. Для такого зонального освещения подходят лампы в 1,5—2 раза менее мощные, чем в подвесных светильниках. В результате на комнату 18—20 м² экономится до 200 кВт · ч в год.

Между отдельными источниками света существует большая разница в световой отдаче, лк / Вт:

- лампа накаливания — 12;
- галогенная лампа — 22;
- люминесцентная лампа — 55;
- ртутная лампа высокого давления — 55;
- галогенная лампа высокого давления — 80;
- натриевая лампа высокого давления — 95.

Лампы накаливания являются традиционными и широко применяемыми источниками света. Весьма ощутимую экономию электроэнергии при использовании ламп накаливания могут дать следующие мероприятия:

- применение криптоновых ламп накаливания, имеющих световую отдачу на 10% выше, чем у ламп накаливания с аргоновым наполнением;

- замена двух ламп меньшей мощности на одну несколько большей мощности. Например, использование 1 лампы мощностью 100 Вт вместо 2 ламп по 60 Вт каждая экономит при той же освещенности потребление энергии на 12%;

- поддержание допустимого напряжения. Для нормальной работы электрических ламп необходимо, чтобы отклонение напряжения не выходило за пределы 2,5—5% от номинального. Световой поток ламп зависит от уровня напряжения. При снижении напряжения на 1% у ламп накаливания световой поток уменьшается на 3—4%;

- периодическая замена ламп к концу срока службы (около 1 000 ч). Световой поток ламп накаливания к концу срока службы снижается на 15%;

- периодическая чистка от пыли и грязи ламп, плафонов и осветительной арматуры. Не чистившиеся в течение года лампы и люстры пропускают на 30% света меньше, даже в сравнительно чистой среде. На кухне с газовой плитой лампочки грязнятся намного быстрее;

- снижение уровня освещенности в подсобных помещениях, коридорах, туалетах и т. п.;
- широкое применение светорегуляторов, позволяющих в широких пределах изменять уровень освещенности;
- применение реле времени для отключения светильника через определенное время.

Более совершенными источниками света являются люминесцентные лампы. Это разновидность газоразрядного источника света, в котором используется способность некоторых веществ (люминофоров) светиться под действием ультрафиолетового излучения электрического разряда. Люминесцентные лампы изготавливаются в виде стеклянных трубок с двумя металлическими цоколями, наполненных парами ртути под низким давлением. Такая лампа имеет по сравнению с лампой накаливания в 4—5 раз более высокую световую отдачу и в 5—8 раз больший срок службы. Например, светоотдача люминесцентной лампы 20 Вт равна светоотдаче лампы накаливания 150 Вт.

Бытует мнение о вредности люминесцентного освещения. Оно безосновательно. Наоборот, это освещение позволяет получить мягкий рассеянный свет, меньше слепящий глаза и вызывающий меньшее их утомление.

Вторым элементом бытового энергосбережения является экономия электроэнергии при приготовлении пищи.

Правильная эксплуатация бытовых электроприборов заключает в себе большие резервы экономии электроэнергии.

Самыми энергоемкими потребителями являются электроплиты. Годовое потребление электроэнергии ими составляет 1 200—1 400 кВт.

Технология приготовления пищи требует включения конфорки на полную мощность только на время необходимое для закипания. Варка пищи может происходить при меньших мощностях. То, что должно вариться долго, следует варить на маленькой конфорке, нагретой до минимума, и обязательно при закрытой крышке. Варка пищи на малых мощностях значительно сокращает расход электроэнергии, поэтому конфорки электроплит снабжают переключателями мощности. Большинство электроплит оснащены сейчас 4-ступенчатыми регуляторами мощности, в результате при приготовлении пищи электроэнергия расходуется нерационально. Применение 7-ступенчатых переключателей снизит затраты энергии на 5—12%, а бесступенчатых — еще на 5—10%.

Несвоевременная смена неисправных конфорок приводит к перерасходу электроэнергии на 3—5%. Перегорание в конфорке одной или двух спиралей нарушает режим регулирования — минимальная ступень мощности увеличивается в 2—3 раза. При расслоении, растрескивании или вспучивании чугуна нарушается плотный контакт поверхности конфорки с дном сосуда.

Для снижения расхода электроэнергии на приготовление пищи на электроплитах надо применять специальную посуду с утолщенным обточенным дном диаметром, равным или несколько большим диаметра конфорки.

Для сплошных чугунных конфорок наилучшая теплопередача достигается при тесном контакте между поверхностью конфорки и дном посуды. Из-за деформации дна, наличия на нем технологических выштамповок контакт конфорки с посудой осуществляется только на части поверхности. Это удлиняет время нагрева пищи, увеличивает потребление электроэнергии и вызывает вследствие неравномерного теплосъема внутренние напряжения, в результате которых могут образоваться трещины и искривления в чугуне конфорки. Пользование посудой с искривленным дном может привести к перерасходу электроэнергии до 40—60%. Для того, чтобы посуда плотно прилегалась к конфорке, предпочтительнее тяжелые кастрюли с утолщенным дном и увесистыми крышками.

Особо следует остановиться на кипячении воды на электрической плите. Для рационального использования энергии необходимо налить воды ровно столько, сколько потребуется для данного случая. Совершенно неразумно наливать полный чайник, а впоследствии его подогревать.

Одним из условий улучшения работы электрочайника и посуды является своевременное удаление накипи. Накипь — это твердый осадок на внутренних стенках посуды, образуемый в результате многократного нагревания и кипячения воды. Накипь обладает малой теплопроводностью, поэтому вода в посуде с накипью нагревается медленно. Кроме того, изолированные от воды слои накипи стенки посуды нагреваются до высоких температур, при этом железо постепенно окисляется, что приводит к быстрому прогоранию посуды. Для удаления накипи выпускают препарат «Антинакипин». Можно использовать и уксусную эссенцию (1 часть эссенции на 5—6 частей воды).

Еще один весомый резерв экономии электроэнергии — использование специализированных приборов для приготовления пищи. Эти приборы предназначены для приготовления отдельных видов блюд. Блюда получаются лучшего качества, чем приготовленные на плите, а энергии затрачивается меньше. Имея набор таких приборов, можно свести пользование электроплитой к минимуму. В набор могут входить электросковорода, электрокастрюля, электрогриль, электротостер, электрошашлычница, электрочайник, электросамовар, электрокофейник.

Значительные удобства, экономию времени и энергии дает применение скороварок. Их использование примерно в три раза сокращает время приготовления блюд и упрощает технологию. Расход электроэнергии при этом сокращается в два раза. Эти преимущества скороварок обеспечиваются ее герметичностью и особым тепловым режимом — температура 120°C при избыточном давлении пара.

Неоспоримые преимущества имеют и микроволновые печи, получившие в последнее время широкое распространение. В них разогрев и приготовление продуктов происходят за счет поглощения ими энергии электромагнитных волн. Причем продукт подогревается не с поверхности, а сразу по всей его толщине. В этом заключается эффективность этих печей. При эксплуатации микроволновой печи необходимо помнить, что она боится недогрузки, когда излученная электромагнитная энергия ничем не поглощается.

Экономия электроэнергии может быть достигнута и при использовании радиотелевизионной аппаратуры.

Радиотелевизионная аппаратура — значительный потребитель электроэнергии. Для рациональной работы радиотелевизионной аппаратуры необходимо создать условия для ее лучшего охлаждения: не ставить вблизи электроотопительных приборов, не накрывать различного рода салфетками, производить систематическую очистку от пыли, не устанавливать в ниши мебельных стенок.

Большое количество электроэнергии тратится на длительную работу радиотелевизионной аппаратуры, работающей часто одновременно в нескольких комнатах квартиры. Расчеты показывают, что при снижении осветительной нагрузки и времени просмотра телепередач в каждой семье на 10% или 40—60 минут, в расчете на каждую квартиру, потребление электроэнергии в быту могло бы уменьшиться на 50 кВт · ч или на 4% современного уровня.

Многие электронные приборы — видеоманитофоны, музыкальные центры, проигрыватели — после выключения продолжают работать в дежурном режиме. Табло прибора при этом становится электронными часами. Это, конечно, удобно. Мощность «дежурного» устройства невелика — 10—15 Вт. Но за месяц непрерывной работы оно потребит уже довольно ощутимое количество электроэнергии — около 10 кВт · ч.

Экономия электроэнергии может быть достигнута при пользовании холодильником — энергоемким прибором.

Поскольку холодильники постоянно включены в сеть, они потребляют столько же, а то и больше энергии, сколько электроплиты: до 250—450 кВт · ч в год.

Холодильник следует ставить в самое прохладное место кухни (ни в коем случае не к батарее, плите), желательно возле наружной стены, но не вплотную к ней. Чем ниже температура теплообменника, тем эффективнее он работает и реже включается. При снижении температуры теплообменника с 21 до 20°C, холодильник начинает расходовать электроэнергию на 6% меньше. Ледяная «шуба», нарастая на испарителе, изолирует его от внутреннего объема холодильника, заставляя включаться чаще и работать каждый раз больше. Чтобы влага из продуктов не намерзала на испарителе, следует хранить их в коробках, банках и кастрюлях, плотно закрытых крышками, или завернутыми в фольгу. А регулярно оттаивая и просушивая холодильник можно сделать его гораздо экономичнее.

Стиральные машины — наиболее экономичные с точки зрения потребления электроэнергии автоматические машины, включение и выключение которых производится строго по программе. Они рассчитаны на одновременную загрузку определенной массы сухого белья. Перегружать машину не следует: ее мотору будет тяжело работать, а белью плохо отстирается. Не следует думать, что загрузив бак машины лишь наполовину, можно добиться экономии энергии и повысить качество стирки. Половина мощности машины уйдет на то, чтобы вхолостую гонять воду в баке, а белье чище все равно не станет.

Мощность утюга довольно велика — около 1 кВт. Чтобы добиться некоторой экономии, белью должно быть слегка влажным: пересушенное или слишком мокрое придется гладить дольше, тратя лишнюю энергию. Массивный утюг можно выключить

незадолго до конца работы: накопленного им тепла хватит еще на несколько минут.

Для эффективной работы пылесоса большое значение имеет хорошая очистка пылесборника. Забитые пылью фильтры затрудняют работу пылесоса, уменьшают тягу воздуха. Для их очистки надо обзавестись щетками двух типов: плоской широкой и узкой длинной. Такими щетками легко удалять пыль как с пылесборника, так и с матерчатых фильтров.

Если рассмотреть тепловой баланс жилища, станет ясно, что большая часть тепловой энергии отопительной системы идет на то, чтобы перекрыть потери тепла, которые в жилье с центральным отоплением и водоснабжением выглядят следующим образом:

- из-за не утепленных окон и дверей — 40%;
- через оконные стекла — 15%;
- через стены — 15%;
- через потолки и полы — 7%;
- при пользовании горячей водой — 23%.

Повышенный расход электроэнергии вызывает применение электроотопительных приборов (каминов, радиаторов, конвекторов и др.) дополнительно к системе центрального отопления, в котором часто нет необходимости, если выполнить простейшие мероприятия, (своевременно подготовить окна к зиме, привести в порядок до наступления холодов оконные задвижки, покрыть полы толстыми коврами или половиками, расставить мебель так, чтобы не препятствовать циркуляции теплого воздуха от батареи, гардины должны быть не очень длинными, чтобы не закрывать батареи центрального отопления, убрать лишнюю краску с батареи).

Многие считают, что экономия воды это другая проблема, не относящаяся к электроэнергии. На самом же деле, экономя воду, мы экономим электроэнергию. Вода не сама приходит в наши многоэтажные дома. Мощные насосы, приводимые в движение электрическими моторами, поднимают воду на нужную высоту. Этот расход энергии не отражается на наших электросчетчиках, но величина его весьма ощутима.

Советы по экономии воду очень просты. Это исправное состояние кранов в ваннах, умывальниках и мойках, исправность унитазов, уменьшение пользования ванной за счет использования душа.

4.5 Правовое регулирование в сфере энергосбережения

Формирование основ политики энергосбережения в Республике Беларусь целенаправленно ведется с 1993 года, со времени образования межведомственного республиканского органа, которым является Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору. В стране создана законодательная и нормативная база регулирующая и определяющая отношения в сфере энергоэффективности и энергосбережения.

В республике создана база правового регулирования в сфере энергосбережения. Основным документом в сфере энергосбережения является Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении».

Органом государственного регулирования в сфере энергосбережения — Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь.

Основным инструментом проведения энергосберегающей политики в республике — реализация Республиканской программы энергосбережения на 2006—2010 гг., областных и отраслевых программ энергосбережения, порядок разработки и выполнения которых определяет Постановление Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении положения о порядке разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения».

В число основных целевых показателей прогноза социально-экономического развития Республики Беларусь входит показатель по энергосбережению, ежегодно устанавливаемый областям, министерствам, ведомствам и другим республиканским органам государственного управления Постановлениями Совета Министров Республики Беларусь.

Система финансовой поддержки энергосбережения в Республике Беларусь регулируется законами Республики Беларусь о бюджете и Постановлениями Совета Министров Республики Беларусь о реализации Закона «О бюджете» на очередной год, «О мерах по экономическому стимулированию деятельности субъектов хозяйствования, направленной на сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов и освоение энерго- и ресурсосберегающих технологий»; «Об утверждении положения о республиканском фонде

“Энергосбережение”»; «О льготном кредитовании энергоэффективных и валютоокупаемых проектов»; «Об утверждении положения об аккумулировании и использовании организациями, финансируемыми из республиканского бюджета, средств, предназначенных на оплату топливно-энергетических ресурсов и сэкономленных ими от внедрения энергосберегающих мероприятий».

Государственный надзор за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов проводится в соответствии с Законом Республики Беларусь «О внесении дополнений и изменений в Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях», Указом Президента Республики Беларусь от 15 ноября 1999 г. № 673 «О некоторых мерах по совершенствованию координации деятельности контролирующих органов Республики Беларусь и порядка применения ими экономических санкций», а также Постановлениями Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении положения о государственном надзоре за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов в Республике Беларусь»; «О дополнительных мерах по обеспечению эффективного использования топливно-энергетических ресурсов».

Департаментом по энергоэффективности разработаны «Порядок начисления и перечисления сумм штрафов (платежей) и применения экономических санкций за нерациональное использование топливно-энергетических ресурсов», «Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь» и «Положение о проведении энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций».

В целях определения единой технической политики в республике в области приоритетных направлений энергосбережения создан экспертный совет, полномочия которого определены Постановлением Совета Министров Республики Беларусь «О создании экспертного совета при Комитете по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь». Развитие научно-технической деятельности в республике стимулируется Постановлениями Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении положения о порядке финансирования научной, научно-технической и инновационной деятельности за счет средств республиканского бюджета» «Об утверждении положения о порядке разработки и выполнения государственных научно-технических программ».

Ряд нормативных актов, устанавливает отношения в сфере международного сотрудничества, регулируют деятельность, направленную на эффективное использование и экономию топливно-энергетических ресурсов в народном хозяйстве республики, а также иные задачи, предусмотренные законодательством Республики Беларусь.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии?
2. Что такое вторичные энергетические ресурсы и как они используются?
3. Какие существуют условия для использования в Беларуси местных видов топлива?
4. Каковы технические условия для энергосбережения в бытовых условиях?

ГЛОССАРИЙ

А

Абсорбция — процесс поглощения газов или паров их газовых или парогазовых смесей жидким поглотителем — абсорбентом.

Агролесомелиорация — теория и практика проводимых на сельскохозяйственных угодьях лесоводственных и сопряженных с ними агрономических и инженерных мероприятий, направленных на создание почвенно-гидрологических и климатических условий, более благоприятных для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, а также на охрану окружающей среды.

Административно-правовая ответственность — распространенная форма юридической ответственности, заключающейся в применении к лицам, виновным в нарушении законодательных требований по охране природы, мер административного принуждения (предупреждение, штраф, приостановление или прекращение работы предприятия, цеха или агрегата, возложение обязанности устранить причиненный вред, изъятие запрещенных орудий незаконной охоты или рыбной ловли, лишение права заниматься определенным видом деятельности, внесение представлений об отстранении должностных лиц).

Адсорбция — процесс поглощения вещества из смеси газов, паров, растворов поверхностью или объемом пор твердого тела — адсорбента.

Аудит экологический — независимая комплексная документированная проверка соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, требований в области охраны окружающей среды, в том числе нормативов и технических нормативных правовых актов, а также требований международных стандартов.

Б

Безопасность экологическая — 1) совокупность действий, состояний и процессов, прямо или косвенно не приводящих к жизненно важным ущербам, наносимым природной среде, отдельным людям и человечеству; 2) комплекс состояний, явлений и действий, обеспечивающих экологический баланс на Земле и в любых ее регионах.

Безотходная технология — направленная на рациональное использование природных ресурсов технология отдельного производства или промышленного комплекса, обеспечивающая получение продукции без отходов.

Биогаз — газообразный продукт анаэробной ферментации (перепревания) органических веществ самого разного происхождения.

Биологическая очистка сточных вод — способ очистки бытовых и промышленных сточных вод, заключающийся в биохимическом разрушении (минерализации) микроорганизмами органических веществ (загрязнений органического происхождения), растворенных и эмульгированных в сточных водах.

В

Ветровая эрозия почвы (дефляция) — выдувание и разрушение почвы и подстилающих ее пород ветром. Приводит к снижению плодородия почвы или даже к полному разрушению сухого почвенного покрова. Вызывает пыльные бури, механическое загрязнение природной среды. Предупреждается системой агролесомелиоративных, агротехнических, гидротехнических и иных противозрозионных мероприятий.

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) — комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для преобразования энергии ветра в другие виды энергии (механическую, тепловую, электрическую и др.).

Вид рекультивации — направление рекультивации земель, соответствующее виду их последующего использования в народном хозяйстве (под пашню, сенокосы, многолетние насаждения, водоемы и др.).

Водная эрозия почвы — смыв почвы и подстилающих пород потоками талых и дождевых вод. Подразделяется на поверхностную и линейную (овражную). Проявляется на всех склонах крутизной больше 1°. Приводит к разрушению плодородного слоя почвы, загрязнению и заилению водных объектов. Предупреждается противозрозионной организацией территории и другими противозрозионными мероприятиями (агротехническими, агролесомелиоративными и др.).

Водные ресурсы — запасы поверхностных и подземных вод данной территории.

Восстановление природных ресурсов — комплекс мероприятий, направленных на получение природных ресурсов в относительно прежнем количестве. Достигается с помощью искусственных мер после полного или частичного истощения этих ресурсов (например, реинтродукции растений, реаклиматизации животных, восстановления лесов и т. п.).

Вторичные энергетические ресурсы — это энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе.

Выбросы — кратковременное (или за определенное время) поступление в окружающую среду любых загрязнителей.

Выпаривание — испарение воды из сточных вод при повышенных температурах.

Выполаживание откосов — укладка пород по откосам отвалов до нормативного угла по требованиям их рекультивации; вид планировки земель, предшествующей биологической и другим видам рекультивации отвалов с последующим их мелиоративным освоением или формированием на отвалах естественных биогеоценозов.

Г

Газоочистка — улавливание твердых, жидких или газообразных веществ, содержащихся в газовых выбросах промышленных предприятий в атмосферу. Осуществляется на газоочистных сооружениях и установках. Промышленная газоочистка предусматривает производственную утилизацию газообразных выбросов (в том числе извлеченных из них веществ). Санитарная газоочистка направлена на

извлечение вредных веществ или понижение их содержания в выбросах ниже предельно допустимых значений. Один из методов охраны атмосферы от загрязнения.

Газоочистные сооружения — инженерные конструкции и установки по очистке промышленных газов, выбрасываемых в атмосферу. Основное назначение — предупреждение загрязнения атмосферы путем газоочистки.

Газоочищающая способность растительности — способность растений очищать атмосферный воздух за счет адсорбции, аккумуляции, поглощения, детоксикации или утилизации содержащихся в нем загрязняющих веществ.

Гербициды — химические вещества для сплошного либо избирательного уничтожения растительности. Преимущественно средне- и малоядовитые для человека и животных, однако некоторые из них представляют серьезную опасность, способны долго сохраняться в почве, аккумулироваться в растительных кормах и животных продуктах, отрицательно влиять на флору и фауну.

Горнотехническая рекультивация — этап рекультивации земель, нарушенных при добыче и переработке полезных ископаемых, заключающийся в первичной подготовке их для последующего целевого использования и осуществляемый горнотехническими предприятиями с использованием основной эксплуатационной техники; разновидность технической рекультивации.

Государственная экологическая экспертиза — система государственных природоохранных мероприятий по проверке соответствия требованиям экологической безопасности проектов планов и мероприятий в области хозяйственного строительства и использования природных ресурсов.

Д

Деградация — ухудшение качества компонента природной среды.

Дессикация — уничтожение (подсушивание) растений на корню с помощью химических веществ (дессикантов). Большинство дессикантов ядовиты для человека и животных, способны стать источником химического загрязнения среды, в связи с чем их использование требует особой осторожности.

Дисциплинарная ответственность (за нарушение природоохранного законодательства) — форма ответственности за совершение дисциплинарных проступков в области охраны природы, заключающаяся в наложении дисциплинарных взысканий на виновных лиц администрацией по месту их работы.

Дым — смесь газа и распределенных в нем твердых частиц размером до 5 мкм.

Ж

Жирословка — резервуар для отделения и задержания из сточных вод жиров, минеральных масел и другим путем уменьшения скорости их течения.

З

Загазованность — наличие в воздухе вредных и взрывоопасных газообразных веществ в ощутимых концентрациях.

Загрязнение — привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение в рассматриваемое время естественного многолетнего уровня концентрации перечисленных агентов в среде, нередко приводящее к негативным последствиям.

Загрязнитель среды — любой физический (энергия, шум, радиация и т. п.), химический (простые и комплексные соединения и вещества) или биологический (преимущественно микроорганизмы, а также некоторые виды других живых организмов) агент, вызывающий при достижении определенного количества и концентрации загрязнение среды.

Законодательство природоохранное — установление правовых норм и правил, а также введение ответственности за их нарушение в области охраны природы.

Залежь — земельный участок, не обрабатываемый на протяжении ряда лет. Для многолетних залежей характерны процессы постепенного формирования на них естественных биоценозов.

Залужение — процесс естественного самозарастания или создания искусственного травяного покрова на обнаженных участках земель путем посева и выращивания многолетних видов злаков и бобовых трав. Осуществляется в рекультивационных, противоэрозионных и хозяйственных целях.

Захоронение отходов — изоляция отходов на объектах захоронения отходов в целях предотвращения вредного воздействия отходов, продуктов их взаимодействия и (или) разложения на окружающую среду, здоровье граждан, имущество, находящееся в собственности государства, имущество юридических и физических лиц, не предусматривающая возможности их дальнейшего использования.

Защитные лесополосы — искусственно созданные или сохраняемые полосы естественных древесно-кустарниковых насаждений, предназначенные для защиты сельхозугодий, почв, дорог, водных и других объектов от негативного воздействия неблагоприятных природных факторов (эрозия, разрушение, заносы, сильные ветра, суховеи и т. п.), а также для выполнения санитарно-гигиенических и эстетических функций.

Земли нарушенные — земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного или растительного покрова, гидрологического режима и образованием техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.

И

Инсектициды — химические вещества из числа зооцидов, используемые для уничтожения нежелательных в хозяйстве, быту или природных сообществах насекомых. При превышении допустимых концентраций могут выступать в качестве химических загрязнителей среды с соответствующими негативными для среды эффектами.

Интенсивность загрязнения — общий уровень содержания или скорость поступления загрязнителей в систему.

Ионный обмен (ионообменная сорбция) — метод очистки сточных вод, основанный на реакции обмена между ионами, находящимися в составе очищаемой воды, и подвижными ионами, входящими в состав полиэлектrolита.

Испарение — самопроизвольное удаление воды из открытых поверхностей сточных вод, протекающее при любых температурах.

Источник загрязнения — источник, вносящий в окружающую среду загрязняющие вещества, микроорганизмы или тепло.

Истошение — уменьшение полезных природных свойств.

К

Кадастр — систематизированный свод сведений, составляемый путем периодических или непрерывных наблюдений над объектом.

Канцерогены — химические соединения, вещества или физические агенты, способные индуцировать появление злокачественных новообразований у животных, растений и человека.

Карьер (разрез, рудник) — горнопромышленное предприятие по добыче открытым способом угля, руд и нерудных полезных ископаемых: песка, строительного камня и др. Карьер в угольной промышленности — разрез, в горнорудной промышленности — рудник. Карьером называют также совокупность выемок в земной коре, образованных при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Качество среды — степень соответствия природных условий и функций естественных и преобразованных человеком экосистем целям поддержания здоровой для него среды, постоянного и динамического воспроизводства живых организмов и других средообразующих компонентов, а также потребностям сохранения сбалансированного обмена веществ между человеком и природой. В качестве одного из основных критериев качества среды принимается здоровье человека, однако судить о нем возможно и по состоянию других живых объектов, в частности тех, которые обладают свойствами биологических индикаторов.

Кислотные дожди — дожди, подкисленные ($\text{pH} > 5,6$) из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов.

Коагуляционная очистка — это метод очистки сточных вод от коллоидных частиц, основанный на свойстве коллоидной системы в определенных условиях терять агрегативную устойчивость.

Контрольный створ — поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

Кризис экологический — напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсным возможностям биосферы.

Кристаллизация — удаление загрязнений из сточных вод за счет уменьшения растворимости загрязнений при понижении температуры вод.

Л

Ландшафт — территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных или природных и антропогенных компонентов, а также комплексов более низкого таксономического ранга; наиболее общий целостный объект охраны

природы, с этой точки зрения рассматривается как: ресурсосодержащая и ресурсо-воспроизводящая система, среда жизни и деятельности человека, хранилище генофонда, природная лаборатория и источник эстетического восприятия.

Лесные полосы (лесополосы) — искусственные ленточные многорядные насаждения различной ширины из древесных пород (поле-, объекто- и садозащитные, приовражные, прибалочные, придорожные и др.). Задерживают снег, предотвращают водную и ветровую эрозию почв, защищают от суховеев и ветровых нагрузок, способствуют водонакоплению в почве. Широко используются в агролесомелиорации.

Лесомелиорация отвалов — улучшение природных условий на отвалах с помощью лесных насаждений (в том числе лесных мелиоративных культур).

Летальная доза (LD₅₀) — принятое организмом количество вещества, которое приводит к гибели 50% испытуемых особей во время проведения испытания.

Линейная эрозия почвы (глубинная, овражная) — водная эрозия почвы, сопровождающаяся образованием глубоких промоин и рытвин, а затем — оврагов.

М

Магнитная обработка — извлечение ферромагнитных примесей при помощи магнитов (электромагнитов).

Машинная деградация почвы — комплекс вредных последствий массированного воздействия на нее ходовых систем машин и рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Мелиорация — система организационно-хозяйственных, технических и других мероприятий, направленных на улучшение природных условий используемых территорий.

Метантенк (от метан и англ. tank — бак, цистерна) — железобетонный резервуар значительной емкости (до нескольких тыс. м³) для биологической переработки (сбраживания) с помощью бактерий и других микроорганизмов в анаэробных условиях (без доступа воздуха) органической части осадка сточных вод.

Механическая очистка сточных вод — удаление нерастворимых в воде (механических) загрязнителей путем пропускания стоков через решетки и сита, отстаиванием, фильтрованием, флотацией.

Мониторинг — система наблюдений и контроля за состоянием окружающей человека природной среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рационализации использования природных ресурсов и предупреждения о критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, существования живых организмов и их сообществ, природных комплексов и объектов.

Н

Нарушенные земли — земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с разрушением на них почвенного и растительного покрова, изменением

гидрологического режима и образованием техногенного рельефа в результате производственной деятельности человека.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии — источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцируемого природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых отходов.

Нефтеловушка — сооружение для улавливания нефти и нефтепродуктов из промышленных сточных вод.

Нормативно-очищенные сточные воды — сточные воды, отведение которых после очистки в водные объекты не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

Нормы качества воды — установленные значения показателей качества воды для конкретных видов водопользования.

Нормы состава сточных вод — допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, установленные нормативными или директивными документами.

О

Обеззараживание — процесс уничтожения находящихся в среде микроорганизмов.

Окружающая среда — среда обитания и производственной деятельности человечества. Подразделяется на окружающую среду: природную (совокупность биотической и абиотической сред) и социальную; природная — на естественную и природно-антропогенную (среду развития).

ОНД-86 — методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

Опустынивание — уменьшение или уничтожение биологического потенциала земельного пространства, сопровождающееся сокращением его водных ресурсов, исчезновением сплошного растительного покрова, обеднением и перестройкой фауны и возникновением других условий, близких или аналогичных условиям пустыни.

Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) — временные ориентировочно безопасные концентрации веществ в атмосферном воздухе, установленные расчетным путем на основании известных их токсикометрических параметров и физико-химических свойств.

Осветление сточных вод — очистка промышленных и бытовых сточных вод от взвешенных в них механических примесей отстаиванием, фильтрацией, применением коагулянтов и другими методами.

Отстойники — резервуары или бассейны для выделения из жидкости взвешенных примесей осаждением их под действием силы тяжести при пониженной скорости потока.

Осаждение — процесс разделения, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы под действием силы тяжести (отстаивание), центробежной силы (циклонный процесс и центрифугирование), сил инерции, электростатических сил (очистка газов в электрическом поле).

Охрана природы — 1) комплексная наука, разрабатывающая общие принципы и методы сохранения, восстановления и улучшения природной среды и природных ресурсов; 2) система мероприятий, направленных на поддержание рационального взаимодействия человека и окружающей среды, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, предупреждающая вредное воздействие хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Очистка сточных вод — устранение из сточных вод патогенных организмов и загрязняющих веществ, способных оказать отрицательное воздействие на здоровье человека и природу, включающее мероприятия по их обеззараживанию, механической, химической обработке или очистке с помощью биологических методов, осуществляемое на очистных сооружениях.

Очистные сооружения — сооружения по обработке сточных вод с целью удаления из них загрязняющих веществ.

П

Парниковый эффект — предполагаемое увеличение температуры и потепление климата на планете за счет постепенного повышения содержания и накопления в атмосфере углекислого газа и фторхлоруглеродных соединений технического происхождения (сжигание топлива, промышленный выброс и т. п.), которые препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли.

Перевыпас — использование угодий для выпаса скота в размерах, превышающих их реальную кормность и способность к самовозобновлению. Сопровождается деградацией растительности, почв и зооценозов пастбищ, резким снижением их продуктивности.

Песколовка — устройство для выделения из сточных вод механических примесей минерального происхождения (главным образом песка).

Поверхностная эрозия почвы (плоскостная эрозия почвы) — сравнительно равномерный смыв верхних, наиболее плодородных горизонтов почвы водными потоками. Проявляется преимущественно на пашне. Ведет к обеднению почвы гумусом и питательными веществами.

Поверхностные сточные воды — сточные воды, образующиеся при выпадении атмосферных осадков, таянии снега, поливомоечных работах на селитебной территории.

Полезные ископаемые — твердые (уголь, руды, пески, глины и т. д.), жидкие (нефть, минеральные воды) и газообразные (горючие газы) природные образования земной коры, используемые в сфере материального производства или пригодные для такого использования. Один из важнейших природных ресурсов, объект охраны недр.

Поля орошения (земледельческие поля орошения) — земельные территории площадью более 10 га, оборудованные специальными сооружениями для приема прошедших предварительную очистку сточных вод, которые используются для орошения и удобрения сельхозугодий и одновременно доочищаются в естественных условиях. В отличие от полей фильтрации помимо очистки стоков обеспечивают повышение урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы, позволяют вовлекать в хозяйственный оборот малопродуктивные угодья. Рассчитаны на прием относительно «мягких» стоков.

Поля фильтрации — участки земли, приспособленные для естественной биологической очистки сточных вод путем фильтрации их через почвенные горизонты.

Порча — нерациональное использование, ведущее к потерям качества и количества компонента природной среды.

Порча земель — уничтожение плодородного слоя почвы, либо невыполнение правил рекультивации земель, либо загрязнение их химическими или радиоактивными веществами, отходами производства и потребления, сточными водами, бактериально-паразитическими вредными организмами, либо иное незаконное повреждение земель.

Почва — особое природное образование, возникшее в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием воды, воздуха, климатических факторов и живых организмов.

Предельно допустимая концентрация — концентрация химического вещества, которая не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами, не нарушает биологического оптимума для человека.

Предельно допустимая концентрация рыбохозяйственная — максимальная концентрация загрязняющего вещества, при постоянном наличии которой в водном объекте, не наблюдается отрицательных последствий для рыбохозяйственного использования водного объекта.

Предельно допустимый выброс — научно обоснованной технической нормой объем вредных веществ, выбрасываемый из промышленных источников в окружающую среду.

Предельно допустимый сброс в водный объект (ПДС) — масса веществ или микроорганизмов в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе. Количественным критерием ПДС служат ПДК веществ; ПДС устанавливается в расчетном створе без учета ассимилирующей способности водного объекта.

Преступление против экологической безопасности и природной среды — совершенное умышленно или по неосторожности общественно опасное деяние, причинившее или могущее причинить вред земле, водам, недрам, лесам, животному и растительному миру, атмосфере и другим природным объектам, отнесенным к такому законодательством об охране окружающей среды, независимо от форм собственности.

Примесь — рассеянное в окружающей среде вещество, не содержащееся в ее постоянном составе.

Природные ресурсы — любые природные объекты и явления, используемые в хозяйственной или иной деятельности, служащие средством существования человеческого общества.

Природопользование — удовлетворение потребностей общества путем использования разных видов природных ресурсов.

Противоэрозионные мероприятия — система приемов предупреждения эрозии почв и борьбы с ней.

Р

Рекультивация — комплекс организационных, инженерно-технических и биологических мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной

(производственной), медико-биологической и эстетической ценностей нарушенных ландшафтов.

Реутилизация — повторная, иногда многократно-последовательная переработка образовавшихся ранее производственных или иных отходов, имеющая целью извлечение из них остаточных количеств ценных компонентов либо использование их в качестве исходного сырья для производства других продуктов (например, шлаков для производства стройматериалов).

С

Санитарно-защитная зона — часть территории вокруг источника загрязнения, устанавливаемая с целью снижения уровней загрязнения до установленных нормативов и уменьшения отрицательного влияния на здоровье человека.

Система экологического менеджмента (EMS) — согласно ISO 14000 — часть общей системы менеджмента, которая включает организационную структуру, планирование, распределение ответственности, практическую деятельность, процедуры (приемы), процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, достижения целей экологической политики, ее пересмотра и корректировки.

Сорбционная очистка — это метод очистки, основанный на поглощении загрязняющих веществ из сточных вод твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называют сорбентом, а поглощаемое вещество — сорбатом.

Состав воды — совокупность примесей в воде минеральных и органических веществ в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состояниях, изотопный состав радионуклидов, содержащихся в ней биологических компонентов.

Сточные воды — воды, отводимые после использования в производственной и бытовой деятельности человека.

Суспензия — смесь жидкости и взвешенных в ней твердых частиц. Подразделяются на грубые, тонкие и коллоидные растворы.

Т

Твердый сток — смыв и перенос с водными потоками твердых веществ с поверхности земли.

Техническая рекультивация — этап рекультивации земель, включающий их культуртехническую подготовку (планировка, формирование рельефа, снятие, транспортировка и нанесение грунта, строительство дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений и другие предшествующие биологической или иной рекультивации мероприятия) для последующего целевого использования в народном хозяйстве.

Технология ресурсосберегающая — производство и реализация конечных продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла и с наименьшим воздействием на человека и природные системы.

Топливо-энергетические ресурсы — совокупность всех используемых природных и преобразованных видов топлива и энергии.

У

Уголовно-правовая ответственность (за нарушение природоохранного законодательства) — форма юридической ответственности, устанавливаемой уголовным кодексом за правонарушения в области охраны природы, квалифицируемые законом как преступления (общественно опасные деяния).

Уничтожение — полное приведение в негодность природных объектов либо их частей.

Уплотнение почвы — повышение плотности верхнего почвенного горизонта под влиянием ходовых систем различных машин (особенно на сельскохозяйственных землях), выпатывания человеком (в рекреационных зонах, парках) или животными (на пастбищах), снижающее биологическую продуктивность земель, сопровождающееся неблагоприятными изменениями растительного покрова и фауны.

Утомление почв — постепенная потеря почвой плодородия вследствие длительного ее однонаправленного использования без компенсации выноса питательных веществ с урожаем, структурных, физико-химических и других изменений.

Ф

Физико-химическая очистка сточных вод — очистка стоков от загрязнителей физико-химическими методами: реагентной или электролитической коагуляцией, нейтрализацией кислот и щелочей, экстракцией, перегонкой с водяным паром, сорбцией, обработкой воды ультразвуком, электрохимическим окислением, ионообменным извлечением и т. п.

Фильтрование — процесс разделения с помощью пористой перегородки, способной пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные частицы.

Флотация — процесс молекулярного слипания твердых или жидких частиц пузырьками воздуха, обеспечивающий их всплытие. В зависимости от способа образования пузырьков воздуха различают в напорную, пневматическую, вибрационную, биологическую, электрофлотацию.

Фотохимический смог — вторичное загрязнение воздуха, возникающее в результате разложения первичных загрязнителей атмосферы под воздействием солнечного излучения. Наблюдается в виде желтоватой пелены, главный его ядовитый компонент — озон; содержит также окислы азота, перекись ацетилнитрата, азотную кислоту и другие соединения, образующиеся при фотохимическом преобразовании промышленных и транспортных выбросов.

Ш

Шум — любой нежелательный звук или совокупность звуков, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека.

Эвапорация — метод удаления из сточных вод легколетучих веществ путем отгонки их с водяным паром или путем отгонки из сточной воды азеотропных смесей воды с загрязнением.

Электрофильтры — вид пыле- и золоуловителей, действие которых основано на ионизации загрязняющих дымовые газы твердых частиц при пропускании их через электроды с последующим осаждением механических примесей на одном из них.

Эмульсия — смесь жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости, не растворяющейся в первой.

Энергосбережение — организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации.

Эрозия почвы — процесс разрушения и переноса почвы и подстилающих ее пород водой и ветром.

**НОРМАТИВЫ ПДК ВРЕДНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ,
ПОСТУПАЮЩИХ В ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

В соответствии с Санитарными правилами и нормами СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

Показатели	ПДК, не более мг / л	Показатель вредности ¹⁾	Класс опасности
Нефтепродукты, суммарно	0,1	—	—
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	0,5	—	—
Фенольный индекс	0,25	—	—
Алюминий (Al ³⁺)	0,5	с.-т	2
Барий (Ba ²⁺)	0,1	с.-т	2
Бериллий (Be ²⁺)	0,0002	с.-т	1
Бор (В)	0,5	с.-т	2
Железо (Fe, суммарно)	0,3 (1,0) ²⁾	—	3
Кадмий (Cd, суммарно)	0,001	с.-т	2
Марганец (Mn, суммарно)	0,1 (0,5) ²⁾	орг	3
Медь (Cu, суммарно)	1,0	орг	3
Молибден (Mo, суммарно)	0,25	с.-т	2
Мышьяк (As, суммарно)	0,05	с.-т	2
Никель (Ni, суммарно)	0,1	с.-т	3
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	45	орг	3
Ртуть (Hg, суммарно)	0,0005	с.-т	1
Свинец (Pb, суммарно)	0,03	с.-т	2
Селен (Se, суммарно)	0,01	с.-т	2
Стронций (Sr ²⁺)	7,0	с.-т	2
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	500	орг	4
Хлориды (Cl ⁻)	350	орг	4
Хром (Cr ⁶⁺)	0,05	с.-т	3
Цианиды(CN ⁻)	0,035	с.-т	2
Цинк (Zn ²⁺)	5,0	орг	3
γ-ГХЦГ (линдан)	0,002 ₃₎	с.-т	1
ДДТ (сумма изомеров)	0,002 ₃₎	с.-т	2
2,4-Д	0,03 ₃₎	с.-т	2

- Примечания:*
1. Лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т» — санитарно-токсикологический, «орг» — органолептический.
 2. Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.
 3. Нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.

Репозиторий БарГУ

**ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ
ПО ВОПРОСАМ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ,
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

1. Венская конвенция об охране озонового слоя, 22 марта 1985 г. [Электронный ресурс] : утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 23 апр. 1986 г. // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.
2. Водный кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь, 15 июля 1998 г., № 191-3: с изм. и доп.: Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2006 г., № 162-3; 13 июня 2007 г., № 238-3 // Ведомости Нац. сходу Респ. Беларусь. — 1998. — № 33; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 122. — 2/1259; 2007. — № 147. — 2/1335.
3. Инструкция о порядке проведения государственной экологической экспертизы в Республике Беларусь : утв. постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 11 мая 2001 г., № 8 : с изм. и доп. : текст по состоянию на 22 апр. 2005 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2001. — № 53. — 8/6062; 2005. — № 74. — 8/12550.
4. Инструкция о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду : утв. постановлением Мин-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 1 февраля 2007 г., № 9 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2007. — № 148. — 8/16640.
5. Инструкция о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в Республике Беларусь : утв. постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 17 июня 2005 г., № 30 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2005. — № 110. — 8/12855.
6. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, 11 дек. 1997 г. : утв. Указом Президента Респ. Беларусь, 12 авг. 2005 г., № 370 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 7. — 3/1873.
7. Кодекс Республики Беларусь о земле : Закон Респ. Беларусь, 4 янв. 1999 г., № 226-3 : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь, 8 мая 2002 г. № 99-3; 20 окт. 2006 г., № 170-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 1999. — №№ 2—3. — 2/1; 2002. — № 55. — 2/848; 2006. — № 179. — 2/1267.
8. Кодекс Республики Беларусь о недрах : Закон Респ. Беларусь, 15 дек. 1997 г., № 103-3 : с изм. и доп.: Законы Респ. Беларусь, 29 июня 2006 г., № 137-3; 20 июля 2006 г., № 162-3; 13 июня 2007 г., № 238-3 // Ведомости Нац. собр. Респ. Беларусь. — 1998. — №№ 8—9; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 107. — 2/1235; № 122. — 2/1259; 2007. — № 147. — 2/1335.
9. Конвенция о биологическом разнообразии : Конвенция, 5 июня 1992 г. // Ведомости Верхов. Совета Респ. Беларусь. — 1993. — № 27.

10. Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, 13 нояб. 1979 г., и протоколы к ней [Электронный ресурс] : утв. Указом Президиума Верхов. Совета Респ. Беларусь, 14 апр. 1980 г. // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

11. Концепция государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды : постановление Верхов. Совета Респ. Беларусь, 6 сент. 1995 г. // Ведомости Вярхоўн. Савета Рэсп. Беларусь. — 1995. — № 29.

12. Лесной кодекс Республики Беларусь : Закон Респ. Беларусь, 14 июля 2000 г., № 420-3 : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь, 27 февр. 2004 г., № 271-3; 4 авг. 2004 г., № 310-3; 9 июля 2005 г., № 42-3; 11 дек. 2005 г., № 66-3; 29 июня 2006 г., № 135-3; 29 июня 2006 г., № 137-3; 20 июля 2006 г., № 162-3; 13 июня 2007 г., № 238-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2000. — № 70. — 2/195; 2004. — № 39. — 2/1020; № 123. — 2/1059; 2005. — № 121. — 2/1139; № 196. — 2/1163; 2006. — № 106. — 2/1229; № 107. — 2/1235; № 122. — 2/1259; 2007. — № 147. — 2/1335.

13. Методика подсчета убытков, причиненных государству нарушением водного законодательства [Электронный ресурс] : утв. М-вом природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 6 янв. 1995 г. // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

14. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, 16 сент. 1987 г. [Электронный ресурс] // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2007. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

15. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь; редкол. : Л. М. Александрович [и др.]. — Минск : Юнипак, 2004. — 202 с.

16. О безопасности генно-инженерной деятельности : Закон Респ. Беларусь, 9 янв. 2006 г., № 96-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 9. — 2/1193.

17. О гидрометеорологической деятельности : Закон Респ. Беларусь, 9 янв. 2006 г., № 93-3 : с изм. : Закон Респ. Беларусь от 9 июля 2007 г., № 247-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 9. — 2/1190; 2007. — № 170. — 2/1344.

18. О Государственной программе по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» на 2006—2010 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 10 апр. 2006 г., № 208 // Нац. реестр правовых актов. — 2006. — № 58. — 1/7428.

19. О государственной экологической экспертизе : Закон Респ. Беларусь, 18 июня 1993 г., № 2442-ХП : в ред. Закона Респ. Беларусь, 14 июля 2000 г., № 419-3 // Ведомости Верхов. Совета Респ. Беларусь. — 1993. — № 24; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2000. — № 70. — 2/194.

20. О государственных кадастрах природных ресурсов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 20 апр. 1993 г., № 248 // Собр. постановлений Правительства Респ. Беларусь. — 1993. — № 12.

21. О дальнейшем внедрении приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии : пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 9 июля 1997 г., № 855 : с изм. и доп. : 25 нояб. 2003 г., № 1542; 13 ноября 2006 г., № 1507; 28 февр. 2007 г., № 253 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2007. — № 66,5/24832.

22. О дополнительных мерах по экономному и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 27 дек. 2002 г. № 1820 // Собр. постановлений Правительства Респ. Беларусь. — 2003. — № 1.

23. О животном мире : Закон Респ. Беларусь, 10 июля 2007 г., № 257 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2007. — № 172. — 2/1354.

24. О налоге за использование природных ресурсов (экологический налог) : Закон Респ. Беларусь, 23 дек. 1991 г. : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь, 10 дек. 1993 г., 1 дек. 1994 г., 23 февр. 1996 г., 6 янв. 1998 г., 31 янв. 2000 г., 29 дек. 2000 г., 8 янв. 2002 г., 24 июля 2002 г., 28 дек. 2002 г., 1 янв. 2004 г., 18 нояб. 2004 г., 31 дек. 2005 г., 29 дек. 2006 г. // Ведомости Верхов. Совета Респ. Беларусь. — 1992. — № 3; 1994. — № 3; 1995. — №№ 24—25; 1996. — № 7; Ведомости Нац. собр. Респ. Беларусь. — 1998. — № 3; 1998. — № 7; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2000. — № 13. — 2/142; 2001. — № 4. — 2/228; 2002. — № 8. — 2/835; № 87. — 2/883; 2003. — № 3. — 2/915; 2004. — № 4. — 2/1009; № 18. — 2/1087; 2006. — № 6. — 2/1177; 2007. — № 3. — 2/1287.

25. О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июля 2003 г., № 949 (с изм. и доп. от 10 марта 2004 г., № 250; 16 марта 2004 г., № 298; от 2 авг. 2006 г., № 990) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2003. — № 80. — 5/12786; 2004. — № 40. — 5/13919; № 52. — 5/13979; 2006. — № 146. — 5/22839.

26. О национальном парке «Беловежская пуша» : Указ Президента Респ. Беларусь, 27 сентября 2004 г., № 460 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2004. — № 155. — 1/5885.

27. О некоторых вопросах проведения экологического аудита : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 27 марта 2006 г., № 19 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 78. — 8/14439.

28. О питьевом водоснабжении : Закон Респ. Беларусь, 24 июня 1999 г., № 271-3 : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь от 19 июля 2005 г., № 42-3; от 29 июня 2006 г., № 137-3; от 20 июля 2006 г., № 162-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 1999. — № 50. — 2/46; 2005. — № 121. — 2/1139; 2006. — № 107. — 2/1235; № 122. — 2/1259.

29. О присоединении Республики Беларусь к Картахенскому протоколу по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии : Закон Респ. Беларусь, 6 мая 2002 г., № 97-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2002. — №№ 53—54. — 2/846.

30. О присоединении Республики Беларусь к Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения : постановление Верхов. Совета Респ. Беларусь, 20 дек. 1994 г., № 3462-ХII // Ведомости Верхов. Совета Респ. Беларусь. — 1995. — № 24.

31. О присоединении Республики Беларусь к Конвенции о создании Организации защиты растительного мира Европы и Средиземноморья : Закон Респ. Бела-

реть, 27 мая 2002 г., № 107-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2002. — № 63. — О присоединении Республики Беларусь к Картахенскому протоколу по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии : Закон Респ. Беларусь, 6 мая 2002 г., № 97-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2002. — №№ 53—54. — 2/846.

32. О присоединении Республики Беларусь к Конвенции о сохранении мигрирующих видов диких животных: Указ Президента Респ. Беларусь, 12 марта 2003 г., № 102 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2003. — № 32. — 1/4443.

33. О развитии малой и нетрадиционной энергетики : постановление Совета министров Респ. Беларусь от 24 апр. 1997 г., № 400 : с изм. и доп. 28 февр. 2002 г. № 288 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2002. — № 32. — 5/10103.

34. О растительном мире : Закон Респ. Беларусь, 14 июня 2003 г., № 205-3 : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь, 29 окт. 2004 г., № 319-3; 19 июля 2005 г., № 42-3; 29 июня 2006 г., 137-3; 20 июля 2006 г., № 162-3; 20 окт. 2006 г., № 169-3; 13 июня 2007 г., № 238-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2003. — № 73. — 2/954; 2004. — № 174. — 2/1068; 2005. — № 121. — 2/1139; 2006. — № 107. — 2/1235; № 122. — 2/1259; № 179. — 2/1266; 2007. — № 147. — 2/1335.

35. О санитарно-эпидемическом благополучии населения : Закон Респ. Беларусь, 23 нояб. 1993 г., № 2583-ХП : в ред. Законов Респ. Беларусь, 23 мая 2000 г., № 397-3; 29 июня 2003 г., № 217-3; 16 мая 2006 г., № 109-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2000. — № 52. — 2/172; 2003. — № 79. — 2/966; 2006. — № 8. — 2/1206.

36. О создании национального парка «Браславские озера» и некоторых других вопросах деятельности этого парка : постановление Каб. Министров Респ. Беларусь, 10 августа 1995 г., № 440 // Сбор указаў Прэзідэнта і пастаноў Каб. Міністраў Рэсп. Беларусь. — 1995. — № 23.

37. О создании национального парка «Нарочанский» : Указ Президента Респ. Беларусь, 28 июля 1999 г., № 447 : с изм. и доп. Указ Президента Респ. Беларусь, 25 авг. 1999 г., № 494 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 1999. — № 59. — 1/551; № 66. — 1/597.

38. О создании Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС) : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 20 апр. 1993 г., № 247 : с изм. и доп. от 14 июля 2003 г., № 949 // Собр. постановлений Правительства Респ. Беларусь. — 1993. — № 12; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2003. — № 80. — 5/12786.

39. Об обращении с отходами : Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2007. — № 183. — 2/1368.

40. Об особо охраняемых природных территориях : Закон Респ. Беларусь, 20 окт. 1994 г., № 3335-ХП : в ред. Закона от 23 мая 2000 г., № 396-3 : с изм. и доп. : Закон Респ. Беларусь 29 июня 2006 г., № 137-3, 7 мая 2007 г., № 212-3 // Ведомости Верхов. Совета Респ. Беларусь. — 1994. — № 35; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2000. — № 52. — 2/171; 2006. — № 107. — 2/1235; 2007. — № 118. — 2/1309.

41. Об охране атмосферного воздуха : Закон Респ. Беларусь, 15 апр. 1997 г., №39-3 : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь, 10 июля 1997 г., № 59-3; 20 июля 2006 г., № 162-3; 13 июня 2007 г., №238-3 // Ведамасці Нац. сходу Рэсп. Беларусь. —

1997. — № 14. — Ст. 260; 1997. — № 27. — Ст. 474; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 122. — 2/1259; 2007. — № 147. — 2/1335.

42. Об охране озонового слоя : Закон Респ. Беларусь, 12 нояб. 2001 г., № 56-3 : в ред. Законов Респ. Беларусь, 15 нояб. 2004 г., № 335-3; 29 июня 2006 г., № 137-3; 13 июня 2007 г., № 238-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2001. — № 107. — 2/805; 2004. — № 180. — 2/1084; № 107. — 2/1235; 2007. — № 147. — 2/1335.

43. Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь, 26 нояб. 1992 г., № 1982-ХП : в ред. Закона Респ. Беларусь, 17 июля 2002 г., № 126-3 : с изм. и доп. : Законы Респ. Беларусь, 29 окт. 2004 г., № 319-3; 19 июля 2005 г., № 42-3; 31 дек. 2005 г., № 80-3; 29 июня 2006 г., № 137-3; 20 июля 2006 г., № 162-3; 13 июня 2007 г., № 238-3 // Ведомости Верхов. Совета Респ. Беларусь. — 1993. — № 1; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2002. — № 85. — 2/875; 2004. — № 174. — 2/1068; 2005. — № 121. — 2/1139; 2006. — № 6. — 2/1177; № 107. — 2/1235; № 122. — 2/1259; 2007. — № 147. — 2/1335.

44. Об утверждении Инструкции о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в Республике Беларусь : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 17 июня 2005 г., № 30 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2005. — № 110. — 8/12855.

45. Об утверждении Классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающ. среды Респ. Беларусь, 8 окт. 2001 г., №18 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2001. — № 108. — 8 / 7453.

46. Об утверждении Национального плана действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006—2010 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 5 мая 2006 г., № 302 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 73. — 1/7557.

47. Об утверждении Положения о порядке ведения государственного водного кадастра Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 21 нояб. 1994 г., № 189 // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

48. Об утверждении списков редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений, включаемых в Красную книгу Республики Беларусь : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 9 июня 2004 г., № 14 : с изм. и доп. от 23 авг. 2006 г., № 54 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2004. — № 104. — 8/11122; 2006. — № 148. — 8/14967.

49. Об энергосбережении : Закон Респ. Беларусь, 15 июля 1998 г. № 190-3 : в ред. Законов Респ. Беларусь 20 июля 2006 г. № 162-3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. — 2006. — № 122, 2/1259.

50. Перечень видов и объектов хозяйственной и иной деятельности, для которых оценка воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности проводится в обязательном порядке : утв. постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 17 июня 2005 г., № 30 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2005. — № 110. — 8/12855.

51. Положение о ботанических коллекциях : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 7 июля 2004 г., №828 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2004. — №109. — 5 / 14516.

52. Положение о государственном климатическом кадастре : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 4 октября 2006 г., №1301 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 166. — 5/23174.

53. Положение о лицензировании деятельности, связанной с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 20 окт. 2003 г., № 1371 : с изм. и доп. от 17 июня 2005 г., № 661; 27 дек. 2005 г., № 1551; 17 янв. 2006 г., № 48 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2003. — № 121. — 5/13251; 2005. — № 103. — 5/16148; 2006. — № 10. — 5/17120.

54. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь : утв. постановлением Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь от 19 нояб. 2002 г., № 9 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2002. — № 108.

55. Положение о порядке ведения государственного водного кадастра [Электронный ресурс] : утв. постановлением Каб. Министров Респ. Беларусь от 21 нояб. 1994 г., № 189 // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

56. Положение о порядке разработки и утверждения республиканской, отраслевых и региональных программ энергосбережения [Электронный ресурс] : утв. постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 20.02.2008 № 229 // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

57. Положение о Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике [Электронный ресурс] : утв. приказом М-ва по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС от 5 авг. 1995 г., № 39 // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информации Республики Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

58. Положение о порядке ведения государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апреля 2006 г., № 485 : с изм. и доп. : от 2 августа 2006 г., № 990 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 59. — 5/22174; № 146. — 5/22839.

59. Положение о порядке ведения государственного кадастра атмосферного воздуха Республики Беларусь : утв. постановлением Каб. Министров Респ. Беларусь, 10 апр. 1995 г., № 193 // Собр. указов Президента и постановлений Каб. Министров Респ. Беларусь. — 1995. — № 11.

60. Положение о порядке ведения государственного кадастра животного мира Республики Беларусь [Электронный ресурс] : утв. постановлением Каб. Министров Респ. Беларусь, 3 февр. 1995 г., № 78 // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

61. Положение о порядке ведения государственного кадастра недр : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 16 янв. 1999 г., № 52 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 1999. — № 8. — 5/83.

62. Положение о порядке ведения государственного кадастра растительного мира : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 13 дек. 2004 г., № 1580 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2004. — № 196. — 5/15295.

63. Положение о порядке ведения государственного кадастра торфяного фонда : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 2 июня 1994 г., № 416 // Собр. постановлений Правительства Респ. Беларусь. — 1994. — № 16.

64. Положение о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь мониторинга растительного мира и использования его данных : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 14 апр. 2004 г., № 412 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2004. — № 60. — 5/14094.

65. Положение о порядке удаления объектов растительного мира, расположенных на землях населенных пунктов : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 12 окт. 2004 г., № 1275 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2004. — № 162. — 5/14984.

66. Положение о порядке установления размеров и границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов и режиме ведения в них хозяйственной деятельности и признании утратившими силу некоторых Постановлений Совета Министров : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 21 марта 2006 г., № 377 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2006. — № 52. — 5/22058.

67. Положение о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ : утв. приказом Государственного комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Респ. Беларусь, 25 апр. 1997 г., № 22 // Бюл. нормативно-правовой информ. — 1997. — № 15.

68. Положение об экологической сертификации продукции и производств в Республике Беларусь : утв. приказом М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Госкомитета по стандартизации, метрологии и сертификации Респ. Беларусь, 15 июня 1998 г., № 179/130 // Бюл. норматив.-правовой информ. — 1998. — № 15.

69. Правила ведения охотничьего хозяйства и охоты : утв. Указом Президента Респ. Беларусь, 8 декабря 2005 г., № 580 : с изм. и доп. : Указы Президента Респ. Беларусь, 14 сент. 2006 г., № 574; 23 окт. 2006 г., № 630; 30 апр. 2007 г., № 207 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2005. — № 196. — 1/6996; 2006. — № 151. — 1/7931; № 179. — 1/8023; 2007. — № 110. — 1/8549.

70. Правила ведения рыболовного хозяйства и рыболовства : утв. Указом Президента Республики Беларусь, 8 декабря 2005 г., № 580 : с изм. и доп. : Указы Президента Респ. Беларусь, 14 сент. 2006 г., № 574; 23 окт. 2006 г., № 630; 30 апр. 2007 г., № 207 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2005. — № 196. — 1/6996; 2006. — № 151. — 1/7931; № 179. — 1/8023; 2007. — № 110. — 1/8549.

71. О введении Экологического паспорта объекта по размещению отходов [Электронный ресурс] : Приказ Мин-ва природных ресурсов и охраны окружающей

среды Республики Беларусь от 8 февраля 1996 г., № 19 // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

72. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс] : Конвенция, 9 мая 1992 г. // Эталон-Беларусь : база данных Нац. центра правовой информ. Респ. Беларусь. — Электрон. дан. — Минск : [б. и.], 2009. — Режим доступа : <http://www.provo.by>. — Заглавие с экрана.

Репозиторий БарГУ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Барбье, М.* Введение в химическую экологию / М. Барбье. — М. : Мир, 1978. — 230 с.
2. *Безруких, П. П.* Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология / П. П. Безруких. — М. : Колос, 2008. — 196 с.
3. *Белковский, В. И.* Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше / В. И. Белковский [и др.]. — Минск : Хата, 2002. — 280 с.
4. *Белов, Г. Д.* Уплотнение почвы и урожайность зерновых / Г. Д. Белов, А. П. Подолько. — Минск : Ураджай, 1985. — 64 с.
5. *Белый, О. А.* Методы обезвреживания и уничтожения непригодных пестицидов. Обзорная информация / О. А. Белый [и др.]. — Минск : БелНИЦ «Экология», 2004. — 61 с.
6. *Беспамятнов, Г. П.* Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г. П. Беспамятнов, Ю. А. Кротов. — Л. : Химия, 1985. — 675 с.
7. *Будников, Г. К.* Диоксины и родственные соединения как экотоксиканты / Г. К. Будников. // Соросовс. образоват. журн. — 1997. — № 26. — С. 38—44.
8. *Вальков, В. Ф.* Экология почв : учеб. пособие для студентов вузов : в 2 ч. : Разрушение почв. Дегумификация. Нарушение водного и химического режима почв / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. — Ростов-на-Дону : УПЛ РГУ, 2004. — Ч. 2. — 54 с.
9. *Вернадский, В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В. И. Вернадский. — М. : Мысль, 1967. — 374 с.
10. *Винтер, Г.* Модель экологического менеджмента. Разработка собственного экологического плана действий вашей компании / Г. Винтер. — Минск : Техно-принт, 2002. — 320 с.
11. *Владимиров, В. В.* Урбоэкология. Курс лекций / В. В. Владимиров. — М. : Изд-во МНЭПУ, 1999. — 204 с.
12. Воздействие двигателей тракторов на почву и ее плодородие / В. А. Рузанов [и др.] // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. — 1983. — № 5. — С. 3—8.
13. *Галай, Е. И.* Геоэкологические основы природопользования : курс лекций / Е. И. Галай. — Минск : БГУ, 2004. — 81 с.
14. *Гарипова, Р. Ф.* Практика устройства сельскохозяйственных полей орошения как способ утилизации хозяйственно-бытовых, промышленных стоков и проблема техногенного загрязнения / Р. Ф. Гарипова. // Науч. журнал КубГАУ. — 2006. — №7 (23). — С. 28—41.
15. *Гейнрих, Д.* Экология: dtv-Atlas : пер. с 5-го нем. изд. / Д. Гейнрих, М. Гергт; науч. ред. пер. В. В. Серебряков. — М. : Рыбари, 2003. — 287 с.
16. *Голицын, А. Н.* Инженерная геоэкология: учебник / А. Н. Голицын. — М. : Оникс, 2007. — 368 с.
17. *Губский, Ю. И.* Химические катастрофы и экология : монография / Ю. И. Губский, В. Б. Долго-Сабуров, В. В. Храпак. — Киев : Здоров'я, 1993. — 224 с.

18. *Дежкин, В. В.* Природопользование : курс лекций / В. В. Дежкин. — М. : Изд-во МНЭПУ, 2000. — 96 с.
19. *Елизарова, Л. В.* Промышленное загрязнение города. Санитарно-защитные зоны / Л. В. Елизарова. — Минск : Бестпринт, 2001. — 64 с.
20. *Ерина, Т. Э.* Биотехнология ускоренной аэробной переработки навоза и ее аппаратурное оформление / Т. Э. Ерина, А. Ю. Винаров // Экология — образование, наука и пром-сть : материалы Междунар. науч.-метод. конф., МСК, 21 янв 2002 г. / Омск ГАУ. — Омск, 2002. — С.123—128.
21. Загрязнение тяжелыми металлами окружающей среды г. Минска / В. К. Лукашев, Л. В. Окунь. — Минск : Ин-т геол наук АН Беларуси, 1996. — 80 с.
22. *Зайко, С. М.* Эволюция почв мелиорированных территорий Беларуси / С. М. Зайко [и др.]. — Минск : Университетское, 1990. — 287 с.
23. *Зайцев, В. А.* Промышленная экология. Экологические проблемы основных производств : учеб. пособие / В. А. Зайцев, Н. А. Крылова. — М. : РХТУ, 2002. — 175 с.
24. *Заленский, В. А.* Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. — Мн. : Беларусь, 2004. — 542 с.
25. *Запольский, А. К.* Комплексная переработка сточных вод гальванического производства / А. К. Запольский, В. В. Образцов. — Киев : Техника, 1989. — 199 с.
26. *Захаров, П. С.* Эрозия почв и меры борьбы с ней / П. С. Захаров. — М. : Колос, 1971. — 192 с.
27. *Иванов, Б. С.* Экологический менеджмент: об использовании в экологии природоохранной практики промышленных предприятий / Б. С. Иванов, В. В. Старовойтов // Инженер. экология. — 2007. — №1. — С.26—39.
28. *Игнатов, В. Г.* Экология и экономика природопользования / В. Г. Игнатов, А. В. Кокин. — Ростов н / Д. : Феникс, 2003. — 512 с.
29. *Карпук, В. К.* Основы экологии : учеб. пособие. / В. К. Карпук [и др.] ; под ред. Е. Н. Мешечко. — Минск : Экоперспектива, 2002. — 376 с.
30. *Колесников, С. И.* Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. — Ростов н / Д. : СКНЦ ВШ, 2000. — 19 с.
31. *Корте, Ф.* Экологическая химия / Ф. Корте [и др.]. — М. : Мир, 1997. — 396 с.
32. *Кравчяня, Э. М.* Охрана труда и основы энергосбережения : учеб. пособие / Э. М. Кравчяня, Р. Н. Козел, И. П. Свирид. — 2-е изд. — Минск : ТетраСистемс, 2005. — 288 с.
33. *Ладонин, В. Ф.* Борьба с сорняками при возделывании сельскохозяйственных культур / В. Ф. Ладонин. — М. : Урожай, 1988. — С.8—16.
34. *Лаевская, Е. В.* Научно-практический комментарий к Закону Республики Беларусь от 26 ноября 1992 года «Об охране окружающей среды» в редакции Закона от 17 июля 2002 года / Е. В. Лаевская, В. Е. Лизгаро, Т. И. Макарова; науч. ред. Е. В. Лаевская, Т. И. Макарова. — Минск : Тонпик, 2005. — 272 с.
35. *Лаптев, И. П.* Теоретические основы охраны природы. Основы созологии / И. П. Лаптев. — Томск : Изд-во Томск. ун-та, 1975. — С.127—139.
36. *Луканин, В. Н.* Промышленно-транспортная экология : учеб. для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. — М. : Высш. шк., 2001. — 273 с.

37. *Лурье, Ю. Ю.* Химический анализ производственных сточных вод. / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. — М.: Химия, 1975. — 326 с.
38. *Майстренко, В. Н.* Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов / В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. К. Будников. — М.: Химия, 1996. — 320 с.
39. *Мазур, И. И.* Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов; под ред. И. И. Мазура. — М.: Высш. шк., 1999. — 447 с.
40. *Малашевич, Е. В.* Краткий словарь-справочник по охране природы / Е. В. Малашевич. — Минск : Ураджай, 1987. — 223 с.
41. *Мельников, Н. Н.* Пестициды в современном мире / Н. Н. Мельников, Г. М. Мельникова. // Соросовс. образоват. журн. — 1997. — № 4. — С. 33—37.
42. *Миланова, Е. В.* Географические аспекты охраны природы / Е. В. Миланова, А. М. Рябчиков. — М.: Мысль, 1979. — 293 с.
43. *Михайловская, С.* Утилизация отходов: от научной идеи до промышленного образца / С. Михайловская // Изобретатель. — 2006. — № 8. — С. 3—5.
44. *Мусийчук, Н. С.* Мелиоративное состояние земель при орошении сточными водами животноводческих комплексов и пути улучшения экологической обстановки / Н. С. Мусийчук, В. И. Шмаков // Природообустройство и рациональное природопользование — необходимые условия социально-экономического развития России : сб. науч. ст. — М.: 2005. — Ч. 2. — С. 86—90.
45. Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006—2010 годы / отв. за вып. А. В. Яковенко. — М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. — Минск, 2006. — 118 с.
46. *Науменко, В. Я.* Геология и полезные ископаемые Беларуси : учеб. пособие / В. Я. Науменко, Н. В. Науменко. — Брест : Издатель С. Б. Лавров, 2001. — 244 с.
47. *Новиков, Ю. В.* Охрана окружающей среды : учеб. пособие для учащихся техникумов / Ю. В. Новиков — М.: Высш. шк., 1987. — 287 с.
48. Оборудование и сооружения для защиты биосферы от промышленных выбросов / А. И. Родионов [и др.]. — М.: Химия, 1985. — 352 с.
49. *Орловский, В. Б.* Лесомелиоративная защита малых рек и озер Белоруссии : справочное пособие / В. Б. Орловский, Л. З. Стерин, В. Н. Воробьев. — Минск : Ураджай, 1983. — 160 с.
50. *Потатуева, Ю. А.* Агроэкологическое значение примесей тяжелых металлов и токсичных элементов в удобрениях. / Ю. А. Потатуева, Н. К. Сидоренкова, Е. Г. Прищеп // Агрохимия. — 2002. — № 1. — С. 85—95.
51. Природные ресурсы Брестской области / сост.: А. В. Грибко [и др.]. — Брест, 2007. — 67 с.
52. Проблемы развития безотходных производств / Б. Н. Ласкорин [и др.]. — М.: Стройиздат, 1981. — 207 с.
53. *Пшегорода, А. Е.* Антропогенное загрязнение Минска / А. Е. Пшегорода [и др.] // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. трудов. Вып.5 / Мин-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл ред. С. М. Соколов. — Барановичи : Баранов. крупн. типография, 2005. — С. 281—285.
54. *Ревелль, П.* Среда нашего обитания : в 4 кн. / П. Ревелль, Ч. Ревелль. — М.: Мир, 1994.

55. Решетникова, И. В. Биогаз и установки по использованию биогаза для предприятий АПК / И. В. Решетникова [и др.] // Научный потенциал — аграрному производству : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Ижевск, 26—29 февр. 2008 г. / ФГОУ ВПО ИжГСХА; — Ижевск : Изд-во ФГОУ ВПО ИжГСХА, 2008. — Т. IV. — С.188—195.
56. Родина, Е. М. Использование эмиссий метана из отходов для получения биогаза / Е. М. Родина, Ш. А. Ильясов, З. А. Абайханова // ВЕСТН. КРСУ. — 2003 г. — № 6 — С.24—25.
57. Родионов, А. И. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. / А. И. Родионов, Ю. П. Кузнецов, Г. С. Соловьев. — М. : Химия, КолосС, 2005. — 392 с.
58. Розанов, С. И. Общая экология : учеб. для техн. направлений и специальностей / С. И. Розанов. — СПб : Лань, 2001. — 288 с.
59. Рудский, В. В. Основы природопользования : учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Рудский, В. И. Стурман. — М. : Аспект Пресс, 2007. — 271 с.
60. Рюмина, Е. В. Анализ эколого-экономических взаимодействий : монография / Е. В. Рюмина. — М. : Наука, 2000. — 158 с.
61. Саевич, К. Ф. Охрана возобновляемых ресурсов / К. Ф. Саевич. — Минск : Ураджай, 1992. — 231 с.
62. Самсонова, В. П. Учет пространственной неоднородности засоренности полей / В. П. Самсонова, Ю. Л. Мешалкина. // Земледелие. — 1998. — № 2. — С. 28.
63. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов : СанПиН №10-5-2002. — Введ. 27.05.2002. — Минск : Госстандарт : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002.
64. Сборник нормативно-технических материалов по энергосбережению / сост. А. В. Филиппович. — Минск : ЛОРАНЖ-2, 2004. — 400 с.
65. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. — Москва : РадиоСофт, 2008. — 225 с.
66. Сидорова, И. И. Влияние различных агротехнологий на валовое содержание тяжелых металлов в пахотном слое чернозема выщелоченного / И. И. Сидорова, О. А. Прядко, С. В. Есипенко // Науч. Журн. КубГАУ. — 2007. — № 27(3). — С. 24—28.
67. Смирнов, Д. Н. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов / Д. Н. Смирнов, В. Е. Генкин. — М. : Металлургия, 1989. — 186 с.
68. Способ утилизации стоков доильных залов молочных ферм : пат. RU2280620 Российской Федерации / Е. Е. Хазанов, [и др.] ; заявитель ГНУ Северо-Зап. науч.-исследоват. ин-т механизации и электрификации сельского хоз-ва. — заявл. 14.12.2004 ; опубл. 20.02.2007, Бюл. № 5(18).
69. Справочно-статистические материалы по состоянию окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь (на 1 января 2005 г.) — Минск : Экология, 2005. — 55 с.
70. Чертко, Н. К. Геохимическая экология : учеб. пособие / Н. К. Чертко. — Минск : БГУ, 2002. — 79 с.
71. Чумаков, Л. С. Охрана природы : пособие для учителя / Л. С. Чумаков. — Минск : Экоперспектива, 2006. — 495 с.
72. Шилю, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства : монография / И. Н. Шилю, В. Н. Дашков. — Минск : БГАТУ, 2003 — 183 с.

73. *Шоцкій, Г. П.* Основы энергосбережения : учеб.-метод. пособие / Г. П. Шоцкій. — Барановичи : БГВПК, 2001. — 92 с.
74. *Эйхмер, В.* Яды в нашей пище / В. Эйхмер. — М. : Мир, 1993. — 188 с.
75. Экологические проблемы городов Беларуси и пути их решения : обзорная информация / А. А. Челноков [и др.]. — Минск : Лоранж-2, 2001. — 44 с.
76. Экологическое право : учеб. пособие / С. А. Балашенко [и др.] ; под ред. Т. И. Макаровой, В. Е. Лизгаро. — Минск : Изд. центр БГУ, 2008. — 495 с.
77. *Яцухно, В. М.* Проблема деградации земель Беларуси. Обзорная информация / В. М. Яцухно, А. Ф. Черныш. — Минск : Экология, 2003. — 41 с.
78. *Budnikowski, A.* Ochrona środowiska jako problem globalny / A. Budnikowski. — Warszawa : Polskie Wydaw. Ekonomiczne, 1998. — 172 s.
79. *Dołęga, J. M.* Człowiek w zagrożonym środowisku: z podstawowych zagadnień zoologii / J. M. Dołęga. — Warszawa : Wyd. Akad. Teologii Katolickiej, 1998. — 238 s.
80. United Nation Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or Desertification, particularly in Africa. — Born, 1994. — 76 p.

Учебное издание

Кочурко Василий Иванович
Зуев Владимир Николаевич
Рындевич Сергей Константинович

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Учебно-методическое пособие

Технический редактор *М. Л. Потапчик*

Корректор *Т. Е. Щипунова*

Компьютерная верстка *О. В. Ваницкой*

Ответственный за выпуск *Е. Г. Хохол*

Подписано в печать 01.02.2010.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 12,20.

Заказ 10. Тираж 190 экз.

ЛИ 02330/0552803 от 09.02.2010

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования

«Барановичский государственный университет»,
225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21.

Репозиторий Баргу